

CONSTRUÇÃO PREFABRICADA – ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DA PREFABRICAÇÃO NAS VÁRIAS ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO

JOANA ALMEIDA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JULHO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, à minha Irmã e ao Hugo

Investir no conhecimento rende sempre os melhores juros

Benjamin Franklin

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional que sempre demonstraram, porque sempre acreditaram em mim e porque fizeram com que tudo isto fosse possível.

À minha irmã, que esteve sempre presente e, com o seu sentido de humor, tornou este percurso mais divertido.

Ao meu namorado, Hugo, pelo companheirismo, empatia e cumplicidade e por toda a ajuda na elaboração da tese.

Ao meu orientador, Professor Alfredo Soeiro, pela disponibilidade e ajuda prestada no desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, aos meus avós, tios e primos, que sempre demonstram o seu apoio ao longo deste percurso.

Aos meus amigos e àqueles com quem tive o privilégio de conviver ao longo destes cinco anos de faculdade, pelas vivências partilhadas.

RESUMO

Em Portugal, a temática da Construção Prefabricada, enquanto método construtivo, ainda não se encontra desenvolvida de forma muito aprofundada. Na sua grande maioria, os trabalhos e estudos efetuados centram-se em aspetos de projeto e dimensionamento de determinados componentes prefabricados. Elementos estruturais prefabricados são já frequentemente utilizados, por exemplo, em vias de comunicação, pontes, viadutos, passagens inferiores e superiores. No entanto, no âmbito dos edifícios, estas tecnologias ainda não estão totalmente exploradas. A definição de Construção Prefabricada ainda não é consensual e as dúvidas subsistem, tanto por parte da população em geral, como dos próprios intervenientes do setor da construção.

Dadas as suas potencialidades, resolveu-se estudar a Construção Prefabricada, no setor dos edifícios, enquanto metodologia construtiva transversal a todo o processo de desenvolvimento de um projeto, desde a fase de conceção até à construção. Numa primeira fase, o trabalho consistiu em explorar um conjunto de conceitos, métodos, tecnologias e materiais utilizados em alguns países com maior grau de aplicação destas técnicas. Posteriormente, foi elaborada uma comparação entre Construção Prefabricada e Construção Tradicional, no que diz respeito a planeamento, prazos, custos, sustentabilidade, segurança ou qualidade, com base em estudos comparativos já realizados a nível internacional.

Atendendo à informação recolhida, criou-se um guia prático de recomendações e processos, que poderá ajudar a compreender melhor o que é a Construção Prefabricada enquanto método construtivo inovador – quais as suas vantagens, implicações e condicionantes – e a avaliar a sua viabilidade enquanto solução construtiva.

PALAVRAS-CHAVE: inovação, construção, prefabricação

ABSTRACT

In Portugal, Offsite Construction, as a construction method, isn't well developed yet. The majority of the work and studies focus on design aspects of some prefabricated components. Prefabricated structural elements are already commonly used, for example for bridges or viaducts. However, in the context of buildings, those technologies are not quite explored. The meaning of Offsite Construction isn't yet consensual and doubts remain, both by the general population as by those who are involved in the construction sector.

Considering its potential, it was decided to study Offsite Construction in the buildings sector, as a construction method that encompasses the entire project development process, from design to construction. First, the work consisted in exploring a range of concepts, methods, technologies and materials used in some countries that already apply Offsite Construction in a large way. Thereafter, a comparison was made between Offsite Construction and Traditional Construction in terms of planning, time, cost, sustainability, safety or quality, based on comparative studies already made abroad.

Based on the lessons learned, it was created a practical guide with some "top tips", recommendations and processes that can be helpful for people to understand Offsite Construction as an innovative construction method – its advantages, implications and constraints – and to assess its viability as a construction solution.

KEYWORDS: innovation, offsite, construction

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
 2. CONSTRUÇÃO PREFABRICADA	 5
2.1. O CONCEITO	5
2.1.1. SISTEMA DE PREFABRICAÇÃO	6
2.1.2. PREFABRICAÇÃO	6
2.1.3. MÓDULO	7
2.1.4. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL	7
2.2. DESIGNAÇÕES E CONCEÇÕES	7
2.3. <i>MODERN METHODS OF CONSTRUCTION</i>	9
2.3.1. O CONCEITO	9
2.3.2. <i>OFF-SITE CONSTRUCTION</i>	10
2.3.2.1. <i>Volumetric/Modular Construction</i> – Construção Modular ou Volumétrica	10
2.3.2.2. <i>Panellised Construction</i> – Construção com Painéis Prefabricados	12
2.3.2.3. <i>Hybrid/Semi-Volumetric Construction</i> – Construção Mista ou Semi-volumétrica	14
2.3.2.4. <i>Sub-Assemblies and Components</i> – Subsistemas e Componentes	14
2.4. SUMÁRIO	16
 3. A CONSTRUÇÃO PREFABRICADA EM PORTUGAL NO ESTRANGEIRO	 17
3.1. REINO UNIDO	17
3.1.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	17
3.1.2. APLICAÇÕES CORRENTES	18
3.1.2.1. Materiais e sistemas construtivos	19

3.1.2.2. Setores de atuação	19
3.1.2.3. Modelos de negócio	19
3.2. ALEMANHA	22
3.2.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	22
3.2.2. APLICAÇÕES CORRENTES	23
3.2.2.1. Materiais e sistemas construtivos.....	23
3.2.2.2. Mercado.....	23
3.2.2.3. Marketing	25
3.2.2.4. Qualidade	25
3.2.2.5. Eficiência energética	26
3.2.2.6. Projeto	26
3.2.2.7. Tecnologias construtivas	26
3.2.2.8. Transporte dos componentes.....	30
3.2.2.9. Construção/Montagem	31
3.3. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	32
3.3.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	32
3.3.2. APLICAÇÕES CORRENTES	33
3.3.2.1. Sistemas e tecnologias construtivas	33
3.3.2.2. Empresas e setores de atuação.....	34
3.4. SUÉCIA.....	35
3.4.1. O MODELO DE NEGÓCIO BOKLOK.....	35
3.4.2. O CONCEITO BOKLOK.....	36
3.5. JAPÃO.....	39
3.5.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	39
3.5.2. APLICAÇÕES CORRENTES	39
3.5.2.1. Sistemas e tecnologias construtivas	39
3.5.2.2. Empresas e setores de atuação.....	40
3.6. PORTUGAL.....	41
3.6.1. TEKETO	42
3.6.2. COOL HAVEN	48
3.6.3. MODULAR SYSTEM.....	48
3.6.4. SIT MODULAR SOLUTIONS.....	49
3.7. SUMÁRIO.....	50

4. CONSTRUÇÃO PREFABRICADA vs. CONSTRUÇÃO TRADICIONAL	51
4.1. PLANEAMENTO	51
4.1.1. PRAZOS	52
4.1.2. MÃO DE OBRA	54
4.1.3. EQUIPAMENTOS	55
4.1.4. TRANSPORTE	55
4.2. ECONOMIA/CUSTOS	55
4.3. SEGURANÇA	57
4.4. QUALIDADE	58
4.4.1. DURABILIDADE	59
4.4.2. CUSTO DE CICLO DE VIDA	59
4.4.3. DESEMPENHO	60
4.5. SUSTENTABILIDADE	60
4.5.1. ENERGIA	61
4.5.1.1. Em serviço	61
4.5.1.2. Construção	62
4.5.1.3. Transporte	62
4.5.2. ÁGUA	62
4.5.3. MATERIAIS E DESPERDÍCIO	62
4.5.4. POLUIÇÃO E ECOLOGIA	63
4.5.5. DESCONSTRUÇÃO	63
4.6. RELAÇÃO COM OS VÁRIOS INTERVENIENTES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	63
4.7. GESTÃO DO RISCO	65
4.8. SUMÁRIO	67

5. GUIA PRÁTICO PARA DONOS DE OBRA, PROJETISTAS E EMPREITEIROS	69
5.1. CONCEITOS E PROCESSOS GERAIS	69
5.1.1. ORGANIZAÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO POR INTERVENIENTES	69
5.1.2. MODELOS DE GESTÃO	69
5.1.3. PLANEAMENTO	71
5.1.4. CUSTOS	74

5.1.5. CONSULTA E CONTRATAÇÃO DO FABRICANTE	74
5.1.6. RESPONSABILIDADES	75
5.1.7. ENQUADRAMENTO LEGAL.....	76
5.1.8. ANÁLISE E GESTÃO DO RISCO.....	77
5.1.9. PRODUTIVIDADE.....	79
5.1.10. TRANSPORTE.....	81
5.1.11. TECNOLOGIAS INFORMÁTICAS.....	82
5.1.12. COLABORAÇÃO E COORDENAÇÃO	84
5.1.13. CONTROLO DE QUALIDADE	84
5.2. METODOLOGIAS DE APOIO À DECISÃO E PROCESSOS DE ATUAÇÃO	84
5.2.1. DONO DE OBRA	85
5.2.2. PROJETISTA.....	86
5.2.3. EMPREITEIRO.....	87
 6. RECOMENDAÇÕES GERAIS DE IMPLEMENTAÇÃO	 91
6.1. INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO	91
6.2. FORMAÇÃO	92
6.3. CERTIFICAÇÃO	93
6.4. ESTUDOS DE MERCADO	93
6.5. MARKETING E PUBLICIDADE	93
6.6. ESTANDARDIZAÇÃO E CATALOGAÇÃO DE ELEMENTOS E COMPONENTES	94
6.7. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO	95
 7. DISPOSIÇÕES FINAIS	 97
7.1. CONCLUSÕES	97
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	99
 BIBLIOGRAFIA	 101
ANEXOS.....	105
APÊNDICES	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Repartição dos tempos e tarefas na construção [1]	2
Fig. 2 – Organograma do conceito de Sistema de Prefabricação Parcial	6
Fig. 3 – Organograma do conceito de Prefabricação	7
Fig. 4 – Organograma <i>Modern Methods of Construction</i>	9
Fig. 5 – Organograma <i>Off-site construction</i> – Construção Prefabricada	10
Fig. 6 – Módulo tridimensional em fábrica	11
Fig. 7 – Montagem de módulos tridimensionais: a) Ligação às fundações; b) Ligação entre módulos	11
Fig. 8 – <i>Open panels</i> com estrutura em aço	12
Fig. 9 – <i>Closed panel</i> em madeira	13
Fig. 10 – Esquema estrutural de uma construção com base em SIPS	13
Fig. 11 – Construção com base em SIPS	13
Fig. 12 – <i>Pods</i> de instalações sanitárias.....	14
Fig. 13 – Cobertura pré-montada	15
Fig. 14 – <i>Metal web joists</i>	16
Fig. 15 – Processo construtivo típico no Reino Unido e fases do empreendimento	20
Fig. 16 – Modelo conceptual de captação e criação de valor	22
Fig. 17 – Baufritz: utilização de aparas da madeira para isolamento	27
Fig. 18 – WeberHaus: fabrico dos componentes	28
Fig. 19 – WeberHaus: montagem dos componentes.....	28
Fig. 20 – Glatthaar Fertiggeller: modelo de cave prefabricada em betão	29
Fig. 21 – Johanni Ziegelhaus: painel prefabricado de betão e blocos de alvenaria	30
Fig. 22 – Ilustração do conceito BoKlok.....	36
Fig. 23 – Exemplos do modelo BoKlok “Älmhult” utilizados na Escandinávia	37
Fig. 24 – Exemplos do modelo BoKlok “Helsingborg” utilizados na Escandinávia.....	37
Fig. 25 – Exemplo do modelo BoKlok “Älmhult” utilizado no Reino Unido	38
Fig. 26 – Exemplo de modelos de habitação unifamiliar BoKlok	38
Fig. 27 – Modelo de casas geminadas BoKlok utilizado no Reino Unido.....	38
Fig. 28 – Exemplo de componentes estruturais prefabricados em betão [5].....	41
Fig. 29 – Exemplo de edifício industrial com estrutura prefabricada em betão [5].....	41
Fig. 30 – Representação gráfica do conceito NZEB	43
Fig. 31 – Processo construtivo Teketo.....	44

Fig. 32 - Piso Térreo Ventilado Teketo.....	45
Fig. 33 – Laje de Piso Teketo.....	45
Fig. 34 – Cobertura inclinada com telha cerâmica Teketo	45
Fig. 35 – Cobertura inclinada com painel sandwich Teketo.....	46
Fig. 36 – Cobertura plana transitável Teketo	46
Fig. 37 – Cobertura plana ajardinada Teketo.....	46
Fig. 38 – Cobertura plana não visitável Teketo.....	47
Fig. 39 – Parede exterior de fachada Teketo	47
Fig. 40 – Parede interior perimetral Teketo.....	47
Fig. 41 – Parede interior divisória Teketo.....	48
Fig. 42 – Bungalows SIT Modular Solutions	49
Fig. 43 – Período típico de construção, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10].....	53
Fig. 44 – Período típico para tornar um edifício estanque, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10].....	53
Fig. 45 - Número típico de dias de trabalho em estaleiro, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10].....	54
Fig. 46 – Custo de construção dos vários métodos construtivos [10]	56
Fig. 47 – Benefícios financeiros para os Promotores decorrentes da maior rapidez de construção e da redução do trabalho em estaleiro, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10]	56
Fig. 48 – Proporção de custos das várias técnicas de construção [10]	57
Fig. 49 – Requisitos de qualidade dos edifícios [10]	59
Fig. 50 – Análise SWOT da Construção Prefabricada	68
Fig. 51 – Modelos de Gestão [28]	70
Fig. 52 – Perda de valor na fragmentação do processo construtivo [28]	70
Fig. 53 - <i>Timeline</i> comparativa entre as várias metodologias construtivas [8].....	72
Fig. 54 – Esquema resumo das vantagens, medidas a tomar e riscos da Construção Prefabricada relativamente ao planeamento	73
Fig. 55 - Curva de aprendizagem teórica com coordenadas logarítmicas.....	80
Fig. 56 – Processo BIM generalizado para a Construção Prefabricada	83
Fig. 57 – Procedimento padrão para Donos de Obra	85
Fig. 58 - Procedimento padrão para Projetistas.....	87
Fig. 59 - Procedimento padrão para Empreiteiros	88

Fig. 60 – Esquema resumo que ilustra a criação de um contexto favorável à Construção Prefabricada	97
Fig. 61 – Esquema resumo das principais vantagens construção prefabricada quando aplicada num contexto favorável	99
Fig. 62 - Esquema do conceito de Tolerância [7].....	117
Fig. 63 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Fabrico [7].....	118
Fig. 64 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Implantação [7]	118
Fig. 65 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Montagem [7].....	118
Fig. 66 – Fluxograma de entrega <i>Just-in-time</i>	127
Fig. 67 – Sistema JIT modificado	127

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Utilização da Prefabricação consoante o tipo de <i>procurement</i> e o tipo de edifício	24
Quadro 2 - Tipos de <i>self-procurement</i> e respetivos graus de utilização da Prefabricação	24
Quadro 3 – Desempenho ambiental qualitativo da Prefabricação de acordo com alguns indicadores [14].....	61
Quadro 4 – Comparação de desperdício gerado pelos métodos construtivos [27].....	63
Quadro 5 – Principais razões que motivam a utilização da Construção Prefabricada	64
Quadro 6 - Principais desafios e restrições à utilização da Construção Prefabricada	64
Quadro 7 - Principais razões para o aumento da Construção Prefabricada no futuro	65
Quadro 8 - Principais razões para a diminuição da Construção Prefabricada no futuro.....	65
Quadro 9 – Consulta e contratação do Fabricante [8]	75
Quadro 10 – Funções e responsabilidades [8]	76
Quadro 11 – Principais riscos e respetiva gestão nas etapas anteriores à construção [10]	77
Quadro 12 - Principais riscos e respetiva gestão na fase de construção [10].....	78
Quadro 13 - Principais riscos e respetiva gestão nas fases posteriores à construção [10]	79
Quadro 14 - Tipos de transporte e respetivos limites [5]	81
Quadro 15 - Exemplo de linha de orientação para formação sobre Construção Prefabricada (baseado na ref. [12])	92

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

U - coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente [$\text{W/m}^2\text{K}$]

MMC – *Modern Methods of Construction*

JIT – *Just-in-Time*

OSC – *Offsite Construction*

EUA – Estados Unidos da América

SIPS – *Structural Insulated Panels*

OSB – *Oriented Strand Board*

LPS – *Large Panel Systems*

CAD – *Computer Aided Design*

Fig. – Figura

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na década de 90, fatores como a globalização, criação de sistemas de qualidade ou evolução das tecnologias, contribuíram para aumentar a eficiência de processos de produção e a qualidade dos produtos finais. Esta foi uma época de desenvolvimento tecnológico e impulso para vários setores da economia, incluindo o setor da construção, em que se verificou um aumento da oferta e da competitividade. Contudo, no setor da construção estas modificações foram introduzidas de uma maneira não tão acentuada como aconteceu noutros setores do mercado. Os principais focos das empresas estavam centrados na diminuição de custos, aumento da eficiência, produtividade e qualidade do produto final. Após ter sido atravessada esta forte expansão económica, o mercado da construção encontra-se agora a enfrentar momentos de maiores dificuldades, que significam também novos desafios e uma forte necessidade de reafirmação. Para que tal suceda, as empresas necessitam de implementar ações que melhorem a sua produtividade, de maneira a que possam ser competitivas e que consigam manter a sua posição no mercado, agora com uma oferta significativamente superior à procura. Simultaneamente, devem responder às exigências dos clientes no que diz respeito à qualidade, tanto do projeto como do serviço pós-construção. [1] É necessário, portanto, apostar na inovação.

Quando se fala no termo inovação, podem distinguir-se quatro tipos: de produto, de processo, de marketing e organizacional. A inovação de produto implica um bem ou serviço novo ou melhorado no que diz respeito a especificações técnicas, materiais ou características funcionais, por exemplo. Inovação de processo acontece quando surge um novo ou melhorado método de produção ou distribuição. Inovação de marketing corresponde à aplicação de novas abordagens a nível de promoção ou preços, por exemplo. Inovação organizacional implica novas práticas adotadas pela empresa a nível de estratégias de negócio, organização do local de trabalho ou relações externas.[2] Contextualizando no setor da construção, a inovação de processos é referente a uma mudança de métodos e técnicas construtivas, e é aqui que entra o conceito seguinte – industrialização da construção.

O trabalho artesanal é caracterizado por variabilidades incontáveis e casuais. Deve, por isso, ser substituído por processos automatizados e mecanizados que impliquem processos organizados e repetitivos, resultando em uniformidade e continuidade. A forma mais efetiva de industrializar o setor da construção é passar o trabalho realizado em estaleiro para a fábrica (Fig. 1). [1]

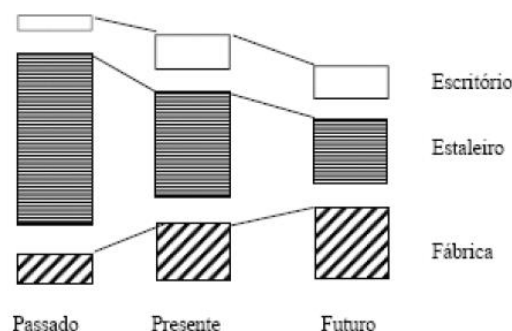


Fig. 1 – Repartição dos tempos e tarefas na construção [1]

É necessário salientar, no entanto, que o edifício corresponde a um produto complexo que resulta da conjugação de diversos sistemas, materiais e componentes. Contrariamente ao que sucede com outros setores do mercado, a indústria da construção é caracterizada como unitária, não repetitiva e sob encomenda. Enquanto sistema de produção, a construção de edifícios constitui um sistema com baixa estandardização, volumes baixos e com grande flexibilidade e qualidade, dada a adaptação às exigências de mercado. [3] Isto é, cada projeto é único, um protótipo, e deve responder a uma série de especificidades relacionadas com o local, o contexto em que se insere, a finalidade, as necessidades e requisitos exigidos pelo utilizador. Esta consiste numa das principais dificuldades em implementar processos industrializados no processo construtivo. Para que seja superada esta questão, os conceitos fundamentais a seguir deverão ser organização, coordenação, planeamento, aprendizagem e eficiência.

Para além dos conceitos referidos, o aumento das exigências de mercado leva a que sejam desenvolvidas novas soluções construtivas, que consigam proporcionar maior rapidez de construção, maior controlo de custos, mais qualidade, melhores condições de segurança e que minimizem os impactos ambientais.

As questões ambientais são uma das principais preocupações a nível mundial nos dias de hoje. A sustentabilidade assume um papel central no desenvolvimento dos projetos e é transversal a todos os setores. No âmbito da construção, a sustentabilidade sugere outro novo conceito, a racionalização construtiva. Enquanto processo, a racionalização construtiva visa otimizar a utilização de recursos disponível em qualquer das fases da construção, sejam eles materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais ou financeiros. [1]

A Prefabricação pode desempenhar um papel fundamental no processo evolutivo do setor da construção. Com fortes potencialidades ao nível da sustentabilidade, produtividade e gestão de processos, pode ser um dos motores para impulsionar o setor para uma tendência de crescimento e afirmação enquanto indústria produtiva, racionalizada, sustentável e competitiva, ultrapassando os desafios e exigências atuais.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho é, com base nas práticas utilizadas e em estudos efetuados noutros países, fazer uma recolha de técnicas, dados e conceitos relacionados com a Construção Prefabricada. Com esses elementos será analisada a viabilidade destas técnicas construtivas, que será apresentada de forma sucinta num guia prático de procedimentos e recomendações, que possa auxiliar Donos de Obra,

Projetistas e Empreiteiros e, desta forma, contribuir para a evolução do mercado da Construção Prefabricada em Portugal.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho encontra-se organizado por sete capítulos.

O primeiro capítulo corresponde a uma breve introdução ao tema da Prefabricação. É feita uma contextualização deste mercado no setor da construção em Portugal e são apresentadas algumas das razões que podem levar ao aumento da utilização da Prefabricação.

O segundo capítulo corresponde a uma introdução aos principais conceitos, onde é feita uma apresentação das definições e diferentes abordagens ligadas à Prefabricação.

No terceiro capítulo, é feita uma pesquisa sobre que tipos de sistemas e materiais que são utilizados na Construção Prefabricada em Portugal e no estrangeiro. São abordados vários países e é explicada a maneira como a Prefabricação evoluiu e como é encarada hoje em dia, quais os sistemas e técnicas construtivas utilizadas, entre outros aspetos.

A comparação entre Construção Prefabricada e Construção Tradicional é essencial para se perceber efetivamente quais são as vantagens e condicionantes de ambas as técnicas. No quarto capítulo é feita uma recolha de alguns estudos realizados internacionalmente, onde é explicada a diferença entre ambas as metodologias construtivas no que diz respeito, por exemplo, a planeamento, custos, qualidade ou sustentabilidade.

Aproveitando toda a informação recolhida nos capítulos já referidos, construiu-se o capítulo cinco, onde é elaborado um pequeno guia prático para Donos de Obra, Projetistas e Empreiteiros. O objetivo é auxiliar no processo de decisão pela metodologia construtiva mais adequada e, no caso de se optar pela Prefabricação, indicar os principais aspetos a ter em conta ao longo do processo construtivo.

Ainda com base na informação dos primeiros capítulos, são indicadas, no capítulo seis, algumas recomendações ao setor da construção civil em geral, para que se possam criar as condições necessárias à utilização da Construção Prefabricada, aproveitando todas as suas vantagens inerentes.

Para finalizar, o capítulo sete corresponde às conclusões retiradas do estudo realizado e aos possíveis desenvolvimentos futuros nesta área.

2

CONSTRUÇÃO PREFABRICADA

O Conceito de Construção Prefabricada, no seu âmbito mais alargado e abrangente, é ainda, hoje em dia, entendido de forma pouco concreta, enquanto parte integrante da indústria da construção. Desde a sua conotação a “casas móveis”, à limitação ao conceito de “construção modular”, são diversas as interpretações e definições que surgem neste contexto.

Este capítulo tem como objetivo ajudar a definir e clarificar o conceito de Construção Prefabricada, referindo quais as conceções e definições que são hoje adotadas pelas principais entidades de referência neste tema.

2.1. O CONCEITO

Recorrendo ao Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [4], pode obter-se a seguinte definição para o termo Prefabricação: “*Sistema de construção de um conjunto (casa, navio, etc.) com elementos estandardizados, fabricados antecipadamente e reunidos segundo um plano preestabelecido*”.

A Prefabricação é então apenas um método construtivo alternativo ao tradicional. Isto é, uma obra construída com recurso a elementos prefabricados não tem de ser visualmente diferente, estruturalmente melhor ou pior, do que outra construída pelo método tradicional. Apenas de salientar neste ponto que, quando se aborda neste relatório o termo “Construção Tradicional”, este é referente aos métodos de construção mais convencionais e comuns em Portugal, de construção *in situ* da quase totalidade de uma dada obra.

A grande diferença entre ambas as técnicas reside essencialmente no faseamento construtivo, que, no caso da Construção Prefabricada, consiste basicamente nas seguintes grandes etapas: divisão da estrutura e sistemas, subsistemas e elementos de menor dimensão; fabrico dos elementos num local diferente do definitivo onde vão estar em serviço; transporte e montagem no local do empreendimento; ligação entre os vários componentes, garantindo um comportamento, estrutural e de conforto, eficaz e de acordo com a regulamentação aplicável.[5]

A Prefabricação pode ser aplicada nas mais diversas obras, desde pontes ou viadutos, até aos edifícios. Em cada uma das áreas, o conceito e o faseamento construtivo devem ser pensados e planeados de forma diferente, tendo em conta as particularidades de cada obra. Neste relatório, apenas será abordado de forma mais aprofundada o conceito de Construção Prefabricada aplicado à temática dos edifícios.

Hoje em dia, o conceito de Prefabricação é ainda visto por alguns Projetistas e profissionais da área da Engenharia Civil, como apenas uma variante técnica da Construção Tradicional. Ou seja, ainda se considera que a única diferença entre um projeto com elementos prefabricados e outro com elementos

construídos no local é o facto de, no primeiro, os elementos serem produzidos em fábrica e montados posteriormente. Esta ideia não está de todo correta, tendo em conta que, só se poderá tirar partido desta técnica construtiva se o projeto for, desde início, pensado e concebido para ser constituído por elementos prefabricados. [6] Todo o processo deve ser elaborado, desde o seu início, de forma integrada.

2.1.1. SISTEMA DE PREFABRICAÇÃO

É então neste ponto que se introduz o conceito de Sistema de Prefabricação – sistema de construção de um edifício que inclui o planeamento e descrição de todos os processos e operações a efetuar, tanto na fábrica como no local da obra. Estamos perante um Sistema de Prefabricação, quando o índice de prefabricação de uma determinada obra é elevado e, portanto, é realizado em obra apenas um pequeno número de operações. [7]

Estamos perante um Sistema de Prefabricação Parcial quando um determinado subsistema de construção tem um elevado índice de industrialização. Este Sistema de Prefabricação pode subdividir-se em aberto e fechado. Num Sistema de Prefabricação Aberto, as soluções e processos construtivos não estão, à partida, totalmente definidos, abrindo a possibilidade de intervenção por parte de diversos fabricantes. No caso do Sistema de Prefabricação Fechado, estamos perante a hipótese de todos os materiais e processos construtivos estarem previamente definidos pelo fabricante, o que implica, à partida, que não possam ser incluídos outros fabricantes no processo. [7]

Na Figura 2 estão esquematizadas as divisões de Sistema de Prefabricação Parcial.

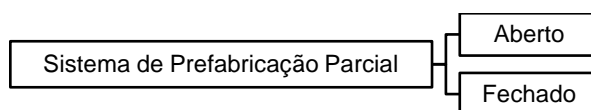


Fig. 2 – Organograma do conceito de Sistema de Prefabricação Parcial

2.1.2. PREFABRICAÇÃO

Do ponto de vista técnico, o termo Prefabricação é utilizado para designar um conjunto de técnicas utilizadas na construção que têm como princípio a produção de elementos construtivos, estruturais ou não, fora do seu local de implantação definitivo, sendo posteriormente montados e ligados em obra, entre si ou a uma estrutura já existente. [7]

A Prefabricação pode definir-se como Total ou Parcial, sendo que, no segundo caso se trata apenas do fabrico de certos componentes. Consoante o peso ou dimensão das peças e elementos, pode dividir-se a Prefabricação em Leve, Pesada e Ligeira. As técnicas de Prefabricação Leve e Pesada podem ainda ser Totais ou Parciais, sendo que na primeira se trata da utilização de elementos de peso reduzido, com posterior montagem em obra, recorrendo muito pouco a ligações à base de argamassas. Na segunda, são utilizados elementos e componentes mais pesados, normalmente de betão armado e pré-esforçado. A Prefabricação Ligeira é aplicada quando o objetivo é melhorar a qualidade e o preço de um determinado empreendimento e, para isso, são produzidos componentes de pequenas dimensões, que são posteriormente montados segundo técnicas previamente estudadas e estabelecidas. [7]

No que diz respeito à Prefabricação no seu sentido mais amplo, estão já explicitadas as definições e conceitos essenciais. Para ajudar a compreender e sistematizar esta informação, pode consultar-se a Figura 3.

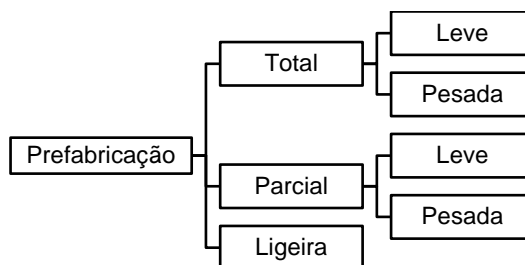


Fig. 3 – Organograma do conceito de Prefabricação

2.1.3. MÓDULO

Quando se fala em Módulo, este conceito refere-se a uma grandeza base que serve de referência para definir as dimensões dos componentes ou elementos da construção. Daí surge a Modulação, que corresponde a uma técnica que tem como objetivo promover a coordenação das dimensões dos elementos de um determinado empreendimento, através da utilização de um Módulo Base. [7]

Designa-se então por Construção Modulada aquela que foi construída com recurso a elementos modulados. Teve por base a utilização do Módulo de maneira a determinar dimensões modulares para os vários componentes e para o edifício em geral. [7]

2.1.4. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL

O termo Tolerância é utilizado para designar a variação que é admissível para uma determinada dimensão de um elemento ou componente que é parte integrante de um sistema construtivo. O conceito de Tolerância refere-se, portanto, à quantidade física da variação dimensional admissível. Designa-se por Amplitude de Tolerância o valor numérico, ou seja, valor absoluto, da diferença dimensional admissível. [7]

Dada a natureza da Prefabricação, este conceito torna-se fundamental em todo o processo construtivo. Para que um determinado empreendimento possa beneficiar das vantagens da prefabricação nos mais variados aspetos, nomeadamente na possível redução de custos ou de tempo de construção, é necessário haver um rigor e um controlo bastante forte do fabrico dos vários componentes, nomeadamente no que diz respeito às suas dimensões. Este controlo deve começar pela coordenação desde as etapas iniciais entre os Projetistas e o Fabricante dos componentes e, posteriormente, continua na supervisão do fabrico e montagem, de forma a assegurar as dimensões corretas e definidas em projeto.

2.2. DESIGNAÇÕES E CONCEÇÕES

Existem as mais variadas designações para os conceitos de Construção Prefabricada ou Prefabricação. De país para país, instituição para instituição, as definições variam, as abordagens multiplicam-se. O

objetivo deste subcapítulo é abordar as várias concepções e visões sobre este tema, sistematizá-las e perceber qual a matriz comum de ideologias partilhada pelas várias perspetivas.

Em Portugal, a designação Construção Prefabricada ainda está muito conotada apenas ao edifício que é construído com recurso à prefabricação de determinados sistemas ou elementos, nomeadamente os estruturais como pilares ou vigas, ou então à construção modular, que tem por base módulos tridimensionais, com maior ou menor grau de acabamento em fábrica.

Passando um pouco por todo o mundo, as designações são várias, como por exemplo [8]:

- *Factory built/assembled;*
- *Industrialized construction;*
- *Innovative systems constructed on-site;*
- *Off-site assembly;*
- *Off-site construction;*
- *Off-site manufacture;*
- *Modular construction;*
- *Prefabricated construction;*
- *System building.*

Se cada uma destas designações for analisada de forma atenta, percebe-se facilmente que todas têm a mesma ideologia em comum – sistemas e métodos construtivos baseados em elementos ou componentes produzidos em fábrica e posteriormente montados no local de implantação. Tal como já foi abordado acima, esta definição corresponde ao conceito de Prefabricação, termo utilizado em Portugal para designar precisamente um conjunto de técnicas que têm como princípio a produção de elementos construtivos fora do seu local de implantação, com posterior ligação e montagem em obra.

É de salientar que cada país, consoante a sua tradição em Prefabricação ou as suas técnicas construtivas, tem a sua própria caracterização e divisão do mercado da Construção Prefabricada. Uma das caracterizações encontradas foi a que surge, a dada altura, no Reino Unido, que tem como definição o conceito “*Modern Methods of Construction*”. Este termo é utilizado para descrever um certo número de métodos construtivos que diferem substancialmente dos métodos mais convencionais, frequentemente designados no Reino Unido por “*brick and block*” [8], que correspondem à construção baseada em blocos de alvenaria. A metodologia construtiva que recorre em grande parte a blocos de alvenaria aplicados no local da obra é também dominante ainda nos dias de hoje em Portugal.

Esta classificação é mais abrangente do que o conceito de Prefabricação propriamente dito, mas apresenta-se dividida e caracterizada de forma bastante intuitiva, e é hoje em dia mundialmente adotada no âmbito da Prefabricação. Apesar de, de país para país, variarem um pouco as definições ou os materiais utilizados, a base do conceito mantém-se.

Uma das principais dificuldades em estudar o tema da Prefabricação é, por vezes, a clarificação e organização dos vários conceitos a esta associados. Por se apresentar bastante abrangente e, simultaneamente, simples e claro, optou-se por realizar este estudo com base no conceito acima referido. Portanto, as análises/conclusões apresentadas ao longo deste relatório têm como referencial a ideia base e alguns dos métodos englobados nos *Modern Methods of Construction*.

2.3. MODERN METHODS OF CONSTRUCTION

2.3.1. O CONCEITO

No Reino Unido começaram, a certa altura, a ser aplicados métodos construtivos bastante diferentes dos designados tradicionais “*brick and block*”. Verifica-se assim a necessidade de classificar estas novas técnicas construtivas, e é então que surge a designação “*Modern Methods of Construction*” [8].

Os *Modern Methods of Construction* (MMC) foram definidos de várias formas por várias instituições, com maior ou menor aproximação à definição original. A Home Builders Federation definiu-os como sendo métodos que promovem processos de gestão, com o objetivo de criar produtos com mais qualidade num menor período de tempo. O conceito foi generalizado para termos como *Pre-fabrication*, *Off-site production* ou *Off-site manufacturing*. No entanto, enquanto a *Off-site manufacturing*, por exemplo, é um MMC, os MMC não englobam apenas *Off-site manufacturing*. [9] Num relatório da Barker 33 Cross-Industry Group, os MMC surgem relacionados com melhores produtos e processos. Constituem uma definição ampla e não são focados num produto específico, ou seja, abrangem pessoas e processos com o objetivo de melhorar a eficiência, qualidade, satisfação do cliente, desempenho ambiental, sustentabilidade e previsão de prazos. Resumindo, contribuem para melhorar desempenho global da indústria da construção.[10]

É perceptível a evidência de uma ideia base fundamental e comum às várias abordagens – a implementação dos MMC tem como objetivo promover a melhoria de processos e sistemas construtivos, aumentando a eficiência, qualidade e sustentabilidade do setor da construção civil.

Voltando à definição original, em 2003, a *Housing Corporation* – fundada no Reino Unido para regular o setor imobiliário e, posteriormente, em 2008, dividida em dois novos organismos: *Homes and Communities Agency* e *Tenant Services Authority* [11] – classificou os MMC dividindo-os em duas grandes áreas: *Off-site manufactured* e *Non off-site manufactured*. [8]

Off-site Manufactured, também designada por *Off-site Construction*, engloba os processos produtivos desenvolvidos na fábrica, e, portanto, fora do local de implantação do edifício. O conceito de *Non Off-site Manufactured* abrange técnicas construtivas e sistemas estruturais inovadores concebidos no local de implantação e a utilização de componentes e materiais de construção convencionais de uma forma inovadora, como por exemplo a designada “Construção Túnel” ou a utilização de cofragens definitivas compostas por isolamento. [8]

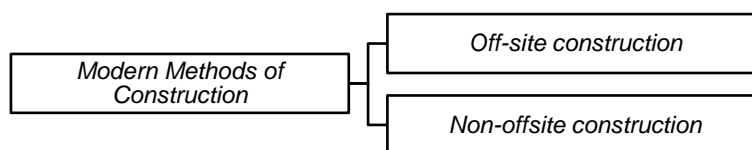


Fig. 4 – Organograma *Modern Methods of Construction*

Como já foi referido no início deste capítulo, a Construção Prefabricada constitui um conjunto de técnicas cujo âmbito é a produção dos elementos construtivos fora do seu local de implantação definitivo. Fazendo uma análise os termos acima referidos, pode estabelecer-se uma relação entre os conceitos de Construção Prefabricada e *Off-site Construction*.

2.3.2. OFF-SITE CONSTRUCTION [8-10]

A Prefabricação não necessita de estar diretamente relacionada com a construção num ambiente de fábrica propriamente dito. Ou seja, os elementos prefabricados podem ser produzidos em estaleiro, num local diferente daquele em que vão estar em serviço. Sendo assim, poderia questionar-se a ligação entre Construção Prefabricada e *Off-site Construction* (Construção fora do estaleiro, traduzindo). No entanto, algumas das técnicas englobadas na *Off-site Construction* também não implicam necessariamente produção em fábrica, como se poderá constatar mais à frente neste capítulo. Visto que era necessário ter um conjunto de conceitos definidos de forma clara para fazer o estudo comparativo das técnicas ao longo deste trabalho, foram adotadas para a Construção Prefabricada as divisões aplicadas na *Off-site Construction*.

A *Off-site Construction* (OSC) divide-se assim nas seguintes áreas, com diferentes técnicas construtivas: *Volumetric* ou *Modular*, *Panellised*, *Hybrid* e *Sub-assemblies and components*. Posto isto, a definição de Construção Prefabricada e respetivas subdivisões que servirão de base a este relatório são as apresentadas na Figura 5.

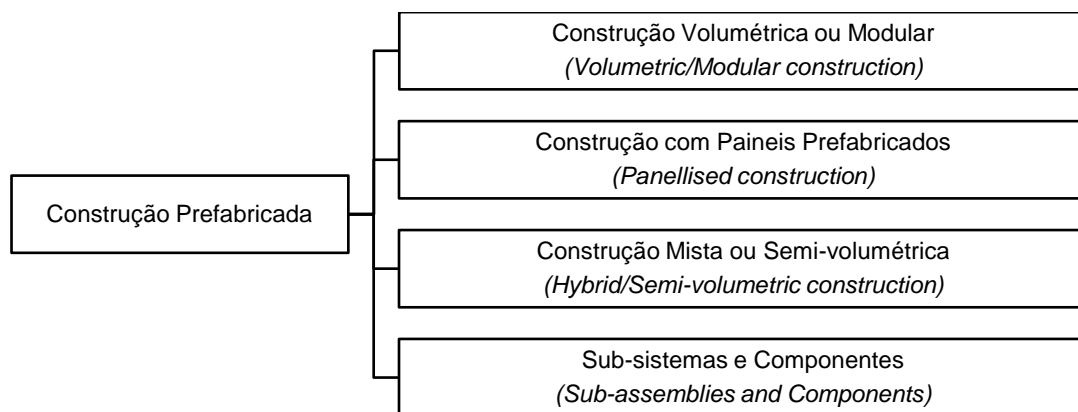


Fig. 5 – Organograma *Off-site construction* – Construção Prefabricada

2.3.2.1. *Volumetric/Modular Construction* – Construção Modular ou Volumétrica

Modular Construction, Construção Modular, é o termo utilizado para designar a técnica construtiva em que são utilizadas unidades tridimensionais, totalmente produzidas em fábrica (Fig. 6), utilizando vários materiais, desde aço, betão, madeira ou derivados.

Cerca de 80 a 95% do processo construtivo é efetuado na fábrica, sendo as unidades posteriormente transportadas para o local de implantação para dar lugar ao processo de montagem e ligação das mesmas, entre si e a uma fundação previamente concebida e preparada, formando assim o edifício (Fig. 7). Neste caso, são as próprias unidades tridimensionais que compõem a estrutura do edifício, não sendo necessária nenhuma estrutura de suporte adicional. O processo apenas contempla a ligação das várias unidades entre si.

É importante esclarecer a diferença entre Modularização/*Design Modular* e o conceito de Construção Modular abordado neste ponto. Um edifício com *Design Modular* não tem necessariamente de ser construído segundo técnicas de Construção Modular. A Modularização implica apenas que a conceção arquitetónica do edifício se baseie no conceito de Módulo, sendo que este pode inclusivamente ser construído no local, pelos métodos tradicionais. A Construção Modular, por sua vez, implica o fabrico

e construção dos módulos tridimensionais em fábrica na sua quase totalidade, transporte dos mesmos e simples ligação entre si no local de implantação.

A Construção Modular é frequentemente utilizada no Reino Unido quando se trata de empreendimentos, como por exemplo a construção blocos de apartamentos, com dimensões consideráveis, elevado grau de standardização e repetição de elementos construtivos. Apenas nestas condições se atinge uma economia de escala significativa, que permite redução de custos e tempo de construção.

É bastante frequente serem utilizadas unidades deste tipo para a conceção dos compartimentos de serviço, como cozinhas ou instalações sanitárias, que podem atingir elevados níveis de repetição. Designadas vulgarmente por “Pods”, foram introduzidas no mercado da construção graças a empreendimentos de hotéis e residências para estudantes. Estas unidades, totalmente acabadas em fábrica e, na maioria das vezes, providas de uma estrutura totalmente independente, são posteriormente montadas no local definitivo, sendo ligadas a uma estrutura de suporte já existente. Esta é uma das técnicas usadas na *Hybrid Construction*, abordada mais à frente no relatório.



Fig. 6 – Módulo tridimensional em fábrica



a)



b)

Fig. 7 – Montagem de módulos tridimensionais: a) Ligação às fundações; b) Ligação entre módulos

2.3.2.2. *Panellised Construction* – Construção com Painéis Prefabricados

Esta técnica construtiva baseia-se na conceção de painéis produzidos em fábrica e posteriormente transportados para o local de implantação, que, quando montados, dão origem à estrutura tridimensional do edifício. Os painéis podem ser ligados entre si ou acoplados a uma estrutura já existente. Estes sistemas podem constituir quaisquer elementos que completem a estrutura do edifício como paredes, lajes ou coberturas. Geralmente, os painéis que constituem pavimentos ou coberturas são designados por “*cassettes*”.

Existem diversos tipos de painéis, sendo os principais os seguintes:

- *Open panels*: painéis constituídos por uma estrutura em madeira ou aço que podem ser, ou não, estruturais e são entregues em estaleiro com toda a componente estrutural visível. São posteriormente aplicados, no local de implantação, os isolamentos, janelas, instalações, revestimentos e acabamentos;



Fig. 8 – *Open panels* com estrutura em aço

- *Closed panels*: painéis que têm uma estrutura em aço ou madeira semelhante à dos *Open panels*, no entanto, envolvem mais trabalho em fábrica, visto que podem já ser fornecidos para a obra providos de janelas, portas, serviços, revestimentos, isolamento ou acabamentos. A componente estrutural, neste caso, já só é visível nas extremidades do painel, onde são efetuadas posteriormente as ligações;



Fig. 9 – *Closed panel* em madeira

- Painéis estruturais de parede em betão, que podem ser fornecidos já com a aplicação de revestimento, isolamento, janelas ou portas;
- *Composite panels*: painéis que resultam da combinação de diferentes materiais que funcionam em conjunto para provisionar o suporte estrutural;
- *Structural Insulated Panels* (SIPS): consistem em “painéis sandwich” e são um exemplo concreto dos *Composite panels*. São compostos por duas camadas do material constituinte do painel ligadas a uma camada de isolamento intermédia. São usados frequentemente para paredes de fachada e coberturas;



Fig. 10 – Esquema estrutural de uma construção com base em SIPS



Fig. 11 – Construção com base em SIPS

- Painéis não estruturais que funcionam como preenchimento dos elementos estruturais;
- Paredes de fachada não estruturais sem capacidade de suportar cargas para além do seu peso próprio, funcionando apenas como “invólucro” do edifício, protegendo o interior das ações ambientais.

2.3.2.3. *Hybrid/Semi-Volumetric Construction* – Construção Mista ou Semi-volumétrica

Este sistema construtivo combina *Panellised* com *Volumetric Construction*, resultando na conjugação de unidades tridimensionais com painéis prefabricados. Tal como foi já referido, é bastante frequente a conjugação de unidades tridimensionais de compartimentos de serviço, “*Pods*”, com a restante estrutura do edifício constituída por exemplo por painéis estruturais. Esta técnica construtiva pode proporcionar alguma flexibilidade ao projeto.



Fig. 12 – *Pods* de instalações sanitárias

2.3.2.4. *Sub-Assemblies and Components* – Subsistemas e Componentes

Apesar de predominantemente tradicional, este método baseia-se na utilização de elementos e componentes prefabricados, que podem ser incorporadas em edifícios, quer estes sejam de construção tradicional ou não. Existem vários exemplos destes elementos construtivos, tais como:

- Vigas ou outros elementos de fundação que são prefabricados e montados no local, por forma a construir a subestrutura do edifício de forma mais rápida e precisa;
- *Floor cassettes*: painéis prefabricados especificamente concebidos para constituírem o piso de um determinado espaço. Tendo em conta que a construção destes elementos em obra requer um número significativo horas de trabalho por metro de pavimento, esta técnica ajuda a reduzir o número de horas de trabalho em estaleiro, mais especificamente de trabalho em altura, promovendo a segurança dos trabalhadores;
- *Roof cassettes*: painéis prefabricados concebidos para constituírem especificamente coberturas inclinadas. Podendo ser montados sem recurso a escoramentos, facilitam a execução de trabalhos no interior do compartimento sob o qual será instalada a cobertura. Para além disso, permitem proteger o edifício das condições atmosféricas mais rapidamente do que no caso de uma cobertura construída pelo método tradicional;

- Coberturas totalmente concebidas ao nível do chão e posteriormente içadas e montadas na estrutura já construída do edifício. Esta técnica permite que a cobertura seja construída ao mesmo tempo que a superestrutura do edifício, sendo montada assim que esta esteja concluída. Desta forma, ajuda a proteger o interior do edifício das condições atmosféricas bastante mais cedo do que no caso de uma cobertura efetuada *in situ*. Para além disso, ainda se incrementa a segurança em obra, visto que os trabalhadores não necessitam de realizar todo o trabalho em altura;



Fig. 13 – Cobertura pré-montada

- Chaminés com estrutura leve, produzidas em fábrica e posteriormente montadas na cobertura do edifício;
- Sistemas de cabos previamente concebidos para que possam ser rapidamente montados na obra, sem necessidade de recorrer a mão-de-obra especializada;
- Tubagens e acessórios de canalização previamente montados que são utilizados nas unidades tridimensionais para facilitar a rápida conclusão das mesmas na fábrica;
- Vigas com secção transversal em I, com baixo peso próprio, fabricadas em madeira maciça ou derivados. Podem ser utilizadas para conseguir grandes vãos, criando flexibilidade na conceção dos espaços;
- *Metal web joists*: vigas compostas por duas extremidades em madeira, separadas por uma estrutura em aço. Tal como acontece com as anteriores, é possível criar grandes vãos recorrendo a estes elementos. Para além disso, tornam-se bastante versáteis para a colocação de tubagens, condutas ou outras instalações.



Fig. 14 – Metal web joists

2.4. SUMÁRIO

As definições de Construção Prefabricada podem adquirir várias formas e divisões, tal como foi apresentado ao longo deste capítulo. Fazendo uma análise comparativa entre as designações explicitadas, denota-se um indicador comum – a tentativa de definir técnicas consoante o grau de Prefabricação e o tipo de elementos utilizados.

Fazendo o paralelismo entre as definições de Prefabricação Total e Parcial, Leve e Pesada com as divisões apresentadas no conceito de OSC, podem retirar-se vários pontos comuns. Ordenando as técnicas por grau crescente de Prefabricação, obtém-se: Subsistemas e Componentes, Construção com Painéis Prefabricados, Construção Mista e Construção Modular. Percorrem-se, portanto, os conceitos desde Prefabricação Parcial até Prefabricação Total. As técnicas de Prefabricação Leve e Pesada estão inerentes a cada uma das metodologias e associam-se ao peso e às dimensões dos elementos que são utilizados.

O que importa retirar desta análise é a importância de estabelecer conceitos, de modo a clarificar todas as tipologias construtivas possíveis de praticar, associadas à Prefabricação. Só desta forma se torna possível estudá-las com detalhe no que diz respeito, tanto à sua viabilidade, como ao planeamento e construção mais adequados.

3

A CONSTRUÇÃO PREFABRICADA EM PORTUGAL NO ESTRANGEIRO

Muitos países já utilizam a Prefabricação das mais variadas formas há alguns anos. Cada um desenvolveu um sistema que encaixa na sua própria cultura e tecnologia construtiva [12], sendo que alguns deles já têm uma tradição bastante alargada na temática da Construção Prefabricada. Independentemente das razões, sejam elas ambientais, económicas ou culturais, estes países têm vindo a desenvolver o conceito, apostando na inovação, eficiência, produtividade e rentabilidade do setor da construção civil.

Neste capítulo o objetivo é abordar os vários países, fazendo referência à situação do mercado da Construção Prefabricada, à evolução do mesmo e às técnicas adotadas para promover esta metodologia construtiva. O primeiro país a ser abordado é o Reino Unido, tendo em conta que foi onde teve origem a designação e subdivisão das técnicas de Prefabricação abordadas no capítulo anterior e que servem de base a este trabalho. No entanto, a Construção Prefabricada tem sido largamente adotada, mais do que no Reino Unido, por exemplo no Japão ou no Norte da Europa. [13]

Nem sempre foi fácil a aceitação por parte da população e dos vários intervenientes no processo construtivo das soluções prefabricadas, em grande parte devido à conotação negativa com a fraca qualidade das mesmas. Foi preciso desenvolver investigação, mecanismos de certificação, apoios governamentais e institucionais, para levar a cabo o desenvolvimento do conceito e o crescimento da indústria da Prefabricação.

No Japão, Estados Unidos e alguns países do norte da Europa, as tecnologias construtivas e os sistemas de produção associados têm sido redefinidos, através tanto da experiência como de investimentos por parte dos fabricantes em investigação e desenvolvimento. [13]

3.1. REINO UNIDO

3.1.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

A utilização das técnicas de OSC no Reino Unido remonta ao séc. XVII, quando, em 1624, os ingleses conceberam uma habitação constituída por painéis prefabricados de madeira para usar em habitações para pescadores.[12] No entanto, foi no início do séc. XX que se verificou uma grande atividade de produção em massa de sistemas prefabricados para edifícios, dada a necessidade de novas habitações após a 1ª Guerra Mundial. Os métodos tradicionais de construção não tinham capacidade para responder às necessidades, tendo em conta o tempo de construção, a escassez de matéria-prima e a falta de mão-de-obra. O volume de procura não conseguiria ser satisfeito com os métodos tradicionais, dado o ritmo de produção e o grau de destruição causado pela guerra. Criaram-se assim as condições necessárias para ser reconsiderada a metodologia construtiva, apostando em métodos e processos inovadores. A principal necessidade considerada inicialmente foi encontrar uma substituição para a

alvenaria, e é aí que surge o desenvolvimento de paredes em betão. Contudo, nessa altura muito poucas das técnicas que surgiram envolviam Prefabricação. A evolução das técnicas de OSC não ocorreu de forma contínua, pois não havia motivos para continuar desenvolver essa tecnologia, e a Prefabricação praticamente cessou após esse período por não ser suficientemente consistente para competir com os métodos construtivos tradicionais. Foi útil naquele período devido ao número elevado de casas construídas, mas acabou por não ter grande impacto a longo prazo no setor da construção naquela época. [12] [14]

Depois da 2ª Guerra Mundial, o governo foi pressionado a provisionar habitações para os soldados que regressavam ao país. Dado o *deficit* de habitação devido à destruição e à diminuição da construção de edifícios novos durante a guerra, adaptaram-se as fábricas à produção de componentes de casas que poderiam ser rapidamente montados no local de implantação. Em Setembro de 1942, foi formado o “U.K. Interdepartmental Committee on House Construction” para implementar e promover o desenvolvimento de materiais e métodos construtivos alternativos, com o intuito de aumentar a eficiência, economia e rapidez de construção. O programa consistia em investigar técnicas e materiais alternativos, considerar a sua aplicação e testar os mesmos através métodos experimentais. [12] [14]

Nos anos 50, após uma suspensão quase completa da atividade da construção durante os períodos das duas Guerras Mundiais e dada a destruição dos edifícios já existentes, houve um grande aumento da procura nos períodos de reconstrução após os conflitos. As habitações eram de fraca qualidade e era necessário melhorar os imóveis que estavam abaixo dos requisitos de qualidade e aumentar o número de habitações para arrendamento. O objetivo era construir grandes números de habitações num curto espaço de tempo, maximizando ainda a utilização do espaço. Estas restrições e as limitações de custos levam à introdução dos “Large Panel Systems” (LPS), que consistiam em sistemas de painéis de grandes dimensões, utilizando uma tecnologia desenvolvida na Dinamarca. Estes sistemas constituíram um desenvolvimento significativo da Prefabricação. No entanto, muitos dos edifícios construídos na altura com estes elementos tinham problemas de impermeabilização, infiltrações e fraco desempenho térmico. Muitos desses problemas tiveram como causa provável a falta de mão-de-obra qualificada e não erros do projeto propriamente dito. Ficando, por isso, a perceção de que a Prefabricação estava associada a edifícios com pouca qualidade. [14]

Já no final do séc. XX e início do séc. XXI, verifica-se uma grande evolução e aumento da utilização da OSC nos edifícios, impulsionada pela procura de uma diminuição do tempo de construção e pela falta de mão-de-obra qualificada. A implementação da OSC tem sido esporádica e dominada por grandes empresas de construção, que incentivam o uso da Prefabricação e a standardização de modo a aumentar a produtividade, reduzir o tempo de construção e seguir a ideologia da “*Lean Construction*”. [12] [14]

3.1.2. APLICAÇÕES CORRENTES

A aplicação da OSC é ainda limitada. Em 2004, englobava apenas cerca de 2.1% dos trabalhos de construção, incluindo edifícios novos, reabilitação, reparação e obras de engenharia civil. A maior razão da relutância por parte dos utilizadores em aceitar este tipo de inovação relaciona-se com a dificuldade em apurar os seus benefícios, sendo que, para muitos dos intervenientes no processo construtivo, estes ainda não são claros. [12]

Existe ainda uma quantidade de barreiras a superar que se prendem com a perceção, no passado, de que os edifícios que utilizavam a Prefabricação eram de fraca qualidade. A Prefabricação tem a capacidade de fazer a diferença para a indústria da construção em termos económicos, sociais e

ambientais. É importante saber quais as potencialidades desta técnica para que se possa implementar um desenvolvimento sustentável da mesma. Assim, as aplicações futuras da Prefabricação na construção no Reino Unido serão determinadas pelos benefícios económicos e ambientais que consigam ser demonstrados para as várias aplicações em particular. De forma a assegurar o sucesso destas técnicas, é necessário estabelecer o desempenho dos sistemas ao longo do seu período de vida útil. É necessário, à partida, garantir que a estética dos sistemas satisfaz os requisitos da procura, sendo este um desafio mais a nível de *design* e não tanto tecnológico. [14]

3.1.2.1. Materiais e sistemas construtivos

Hoje em dia a Prefabricação já é aplicada na indústria da construção do Reino Unido numa variedade de formas. Dentro do conceito geral da OSC, são reconhecidas as quatro subdivisões baseadas na definição da Housing Corporation, já descritas e explicitadas no capítulo anterior deste relatório.

A Modularização, ou *Design* modular, tem sido considerada a “chave” da OSC, pois oferece grandes vantagens no que diz respeito a produtividade, planeamento, qualidade e segurança. [12] No que diz respeito à estrutura, a madeira, em particular, ainda tem uma presença significativa na indústria da construção no Reino Unido. Alguns construtores privados começaram a desenvolver os seus sistemas estruturais em madeira abrindo fábricas dedicadas especificamente a essas técnicas. O mercado dos edifícios com estrutura em madeira é quase totalmente dominado pela utilização de painéis com baixo nível de acabamento em fábrica, em que o isolamento, instalações, revestimentos, janelas e acabamentos são efetuados no local de implantação. [13] No entanto, alguns fabricantes já começaram a desenvolver unidades tridimensionais. [14] Sistemas construtivos em alvenaria são também largamente utilizados em edifícios residenciais. [12] É de salientar que a Prefabricação não se limita apenas à componente estrutural e pode ser aplicada também às instalações e serviços dos edifícios. [14]

3.1.2.2. Setores de atuação

No Reino Unido o uso da OSC tem maior recetividade no sector dos edifícios comerciais do que no setor habitacional. O rápido desenvolvimento do setor comercial em Londres, nos anos 80, constituiu uma grande oportunidade para o desenvolvimento da OSC, tendo em conta que o que se procurava era mais qualidade e menor tempo de construção a um custo aceitável. O aumento do custo e o decréscimo da mão-de-obra disponível foram dois fatores fundamentais para o desenvolvimento das técnicas de OSC. Atualmente, no Reino Unido, a OSC já tem bastante peso no mercado em áreas como a hotelaria ou superfícies comerciais, com diversas formas de Prefabricação. A rápida construção constitui uma vantagem significativa para os clientes que pretendem construir edifícios comerciais ou hotéis, por exemplo. A OSC é utilizada também no setor da indústria, predominantemente na construção de edifícios e pavilhões industriais. As aplicações da Prefabricação a outros setores não habitacionais, como escolas, por exemplo, está também bem estabelecida. [12] [14]

3.1.2.3. Modelos de negócio [15]

Em 2010, foram definidos no Reino Unido cinco tipos de construtores de edifícios de habitação com modelos de negócio distintos:

- Construtores privados clássicos: os mais populares, operam em todas as etapas, desde a conceção e avaliação do projeto, preparação do terreno, construção, marketing e vendas;

- Promotores residenciais: desenvolvem os processos de aquisição e preparação do terreno, bem como as vendas, no entanto não se encarregam do projeto nem da construção, adjudicando-os a outras empresas;
- Parcerias urbanizadores/construtores: os urbanizadores compram o terreno, garantem a aprovação dos planos, asseguram a construção das infraestruturas e vendem os loteamentos. Os construtores encarregam-se da construção propriamente dita e das vendas;
- Variantes que envolvem urbanizadores e promotores residenciais/investidores: o terreno dividido é comprado por um promotor residencial/investidor, que concebe um projeto, efetua os contratos de projeto e construção e mantém o empreendimento em fase de exploração (por exemplo, residências de estudantes, arrendamento privado, habitação social);
- “Auto-construtores”: tipicamente constroem para habitação própria, utilizando um terreno comprado em bruto ou um loteamento construído por um urbanizador, com intervenção total ou integral no projeto e na construção.

Para os “auto-construtores”, os fluxos de desenvolvimento e produção limitam-se a um único local. No entanto, para empresas que constroem edifícios repetitivamente, as atividades de construção são parte de um processo contínuo, com várias tarefas repetitivas e semelhantes tomando forma em diferentes locais. Tal grau de repetição determina a estratégia das empresas e a abordagem da produção em massa para manter a continuidade do negócio, mitigar os riscos de mercado, facilitar o *cash flow* e melhorar a eficiência para minimizar os custos. As etapas principais no processo típico de construção de habitações da maioria das grandes construtoras privadas comuns está representada na Figura 15.

Fases do empreendimento	Aquisição do terreno							Pré-estaleiro		Estaleiro	Pós-estaleiro
	Oportunidade		Avaliação da viabilidade		Propostas						
	Demonstração de necessidade	Conceção da necessidade	Esquema da viabilidade	Viabilidade substancial	Esboço geral do conceito	Projeto completo de conceção	Coordenação de projetos	Informação de produção	Fabrico	Construção e montagem	Manutenção e gestão do edifício

Fig. 15 – Processo construtivo típico no Reino Unido e fases do empreendimento

Para além do processo construtivo, o risco parece ser outro fator importante de identificação e justificação dos modelos de negócio. Podem ser identificadas três áreas principais de risco que os construtores têm de gerir: projeto, mercado e planeamento. Acrescenta-se ainda o risco económico, que estes podem planejar mas não controlar.

Relação entre os Modelos de Negócio e a OSC

Estudos realizados no Reino Unido levaram a duas observações importantes do setor:

- A construção de edifícios é frequentemente dissociada da contratação e mais focada na aquisição do terreno, tirando lucros desse processo;

- O planeamento da utilização do terreno determina a estratégia de negócio, visto que a vantagem competitiva decorrente da inovação tecnológica se torna menos importante ou perceptível.

As grandes empresas de construção desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da indústria. Algumas são suportadas por equipas próprias de projeto em parceria com fabricantes e fornecedores enquanto outras não tem capacidade construtiva e sublocam todo o processo construtivo. Esta situação complica o que já é um setor muito fragmentado. Uma consequência inevitável é a pouca partilha de conhecimento e boas práticas, o que faz com que a OSC veja a sua evolução inibida dentro do próprio setor da construção.

O foco em obter lucros do processo de urbanização e a gestão financeira durante esse processo aparenta ser outro fator que impede os construtores de optar pela OSC. Isto pode ser atribuído, em parte, ao facto de os preços dos terrenos terem um grande peso nos custos globais do empreendimento, podendo representar mais de 50% dos mesmos, em certas áreas geográficas. Os promotores têm tendência para manipular o período de liberação dos terrenos ou desrespeitar o planeamento para tirar o máximo partido das condições de mercado e maximizar os lucros. Devido ao domínio do planeamento do uso do solo, o valor da OSC tem sido oprimido pela aquisição do terreno e por estratégias de mercado relacionadas com o mesmo.

A maioria dos construtores opera enquanto “construtor privado clássico”. Geralmente são adotados *designs standard*, no entanto, as configurações variam substancialmente dependendo do local e da área geográfica, o que tem implicações significativas na inovação e desenvolvimento da OSC. Esta é ainda frequentemente associada a componentes prefabricados isolados e não a um processo inovador.

Por outro lado, a política do governo relacionada com as “*zero carbon homes*” e com a sustentabilidade ambiental e a crescente legislação sobre edifícios energeticamente eficientes tem desafiado os modelos de negócio mais convencionais. Surge assim uma oportunidade para métodos inovadores e para a OSC enquanto alternativas a considerar por parte das empresas.

Parece racional dizer que depender de quaisquer fatores externos (políticos, ambientais, etc.) não é a melhor forma de aumentar a utilização da OSC no setor. Este passo deve ser dado sob a forma de medida proactiva das próprias empresas enquanto parte da sua estratégia organizacional de negócio, num contexto favorável à inovação.

Os dois conceitos – modelo de negócio e OSC – estão conectados e a sua relação é multifacetada. Esta relação pode ser ilustrada num modelo conceptual, juntamente com um número de fatores que captam e criam valor na construção de edifícios. Os processos e atividades determinam a forma organizacional das empresas, os riscos sugerem fatores imperativos a ter em conta. As tecnologias associadas a níveis mais elevados de trabalho fora do estaleiro requerem maior atenção no seu processo de integração, de forma a tirar partido das suas vantagens inerentes.

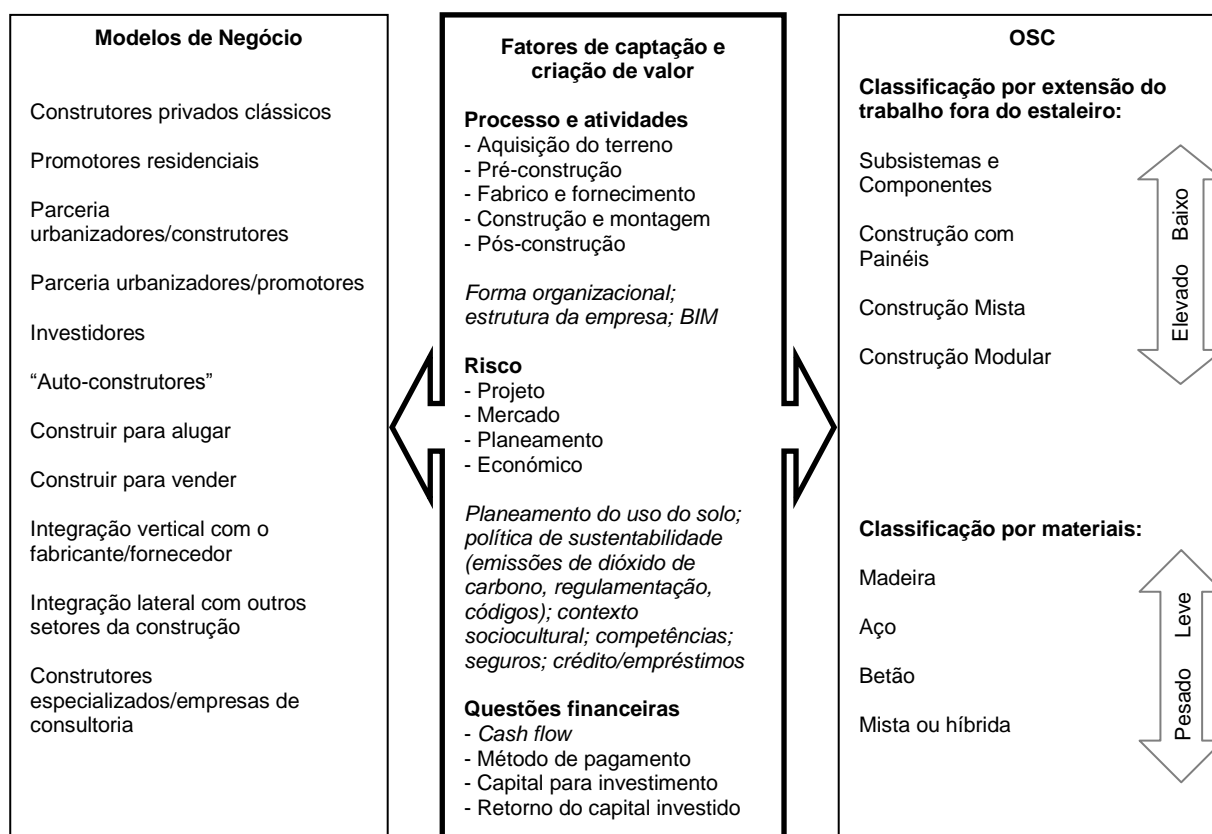


Fig. 16 – Modelo conceitual de captação e criação de valor

Apesar dos benefícios da OSC, a sua aplicação no setor dos edifícios habitacionais no Reino Unido não tem sido tão grande como o esperado e está a ser desafiada pela situação económica recessiva e recentes cortes nas despesas por parte do Governo.

3.2. ALEMANHA

3.2.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

A história da Construção Prefabricada na Alemanha começa na década de 20/30, quando foi produzida a primeira habitação industrializada, como símbolo do modernismo e do progresso. O seu desenvolvimento fez parte do movimento “Bauhaus”, quando arquitetos como Walter Gropius viram a Prefabricação como forma de construir um grande número de edifícios de uma maneira rápida e eficaz. Depois de 1945, a produção de casas em ambiente de fábrica atraiu a atenção dos interesses americanos que organizaram uma exibição de casas prefabricadas em Stuttgart-Zuffenhausen, em 1947.[13] Na década de 50/60, a indústria alemã da construção em madeira e os construtores investiram fortemente em métodos modernos de produção e no uso das técnicas de OSC, predominantemente no setor residencial. A indústria ganha então uma força significativa no mercado a partir dos anos 70/80. [12]

Tal como aconteceu no Reino Unido, as casas prefabricadas eram consideradas de menor qualidade. A primeira geração das mesmas foi apelidada de “Pappdeckel Häuser”, “casas de cartão” em português, dada a sua fraca qualidade relativamente às construções tradicionais. Apesar disso, a indústria melhorou a sua imagem através do desenvolvimento e da standardização, de sistemas de certificação

e da consistente promoção dos méritos e benefícios da OSC. Em 2002, mais de 23000 casas prefabricadas com estrutura em madeira foram concluídas, o equivalente a 13% de todas as novas habitações. Algumas empresas começaram a estender as suas operações a outros países da Europa, tendo como principais mercados o Reino Unido, a Suíça e a Áustria. [12] [13]

3.2.2. APLICAÇÕES CORRENTES

A razão para a larga aceitação da OSC é atribuída à inovação contínua, formação e processos de controlo de qualidade desenvolvidos pelas empresas. Também as associações ligadas à construção promovem diversos meios de formação para as equipas de produção e montagem em estaleiro e têm tido um papel crucial no processo de aceitação da OSC. [12] [13]

A maioria das empresas de construção são pequenas empresas familiares. Contudo, o mercado da OSC tem sido dominado por grandes companhias, como a Elk-Bien-Zenker, a WeberHaus ou a Schwörerhaus, sendo que algumas exportam para mercados europeus – Reino Unido, Suíça ou Áustria – ou mundiais – Rússia ou Japão. [12]

3.2.2.1. Materiais e sistemas construtivos

Na Alemanha, a OSC é utilizada na construção de edifícios com uma grande variedade de técnicas e materiais de construção. Os sistemas estruturais em madeira tomam a forma de sistemas porticados – pilares e vigas – de sistemas estruturais baseados em painéis prefabricados de madeira – *Structural Insulated Panels* (SIPS) – ou da combinação de ambos. Os sistemas porticados são mais utilizados no segmento superior do mercado e a sua aplicação é mais limitada. Os sistemas em betão são essencialmente grandes blocos e elementos da cobertura ou, noutro extremo, módulos tridimensionais totalmente elaborados e equipados em fábrica. As habitações modulares em betão e a produção automatizada de painéis para paredes e caves são duas técnicas frequentemente utilizadas. [12] [13]

3.2.2.2. Mercado [13]

A OSC é mais frequentemente utilizada na construção de novas habitações unifamiliares. Os preços das casas são variados – no segmento mais económico do mercado é possível obter uma casa modular em betão por €80.000, cerca de €900/m²; no topo superior do mercado não há um limite de preço, no entanto, normalmente ronda os €350.000, cerca de €1200/m² (dados de 2004).

Algumas empresas oferecem vários níveis de acabamentos para corresponder ao orçamento dos clientes. O grau de mecanização e automação e o equilíbrio entre as atividades em fábrica e no local de implantação variam muito. As empresas que oferecem um maior grau de flexibilidade na conceção tendem a realizar mais trabalho no local de implantação, por forma a serem capazes de acomodar alterações tardias ao projeto. No topo do mercado, as empresas comprometem-se a construir qualquer projeto pretendido pelo cliente, enquanto no segmento oposto oferecem menos flexibilidade, apensar de as configurações interiores e as especificações poderem ser alteradas.

A OSC tem constituído um modelo a seguir no setor da habitação, particularmente na introdução de tecnologias ambientais, como por exemplo a conservação de água e energia ou paredes envolventes do edifício que oferecem proteção contra a radiação eletromagnética.

Denota-se uma ligação forte entre o *procurement* e o tipo de habitação construída (Quadro 1).

Quadro 1 - Utilização da Prefabricação consoante o tipo de *procurement* e o tipo de edifício

Tipo de <i>procurement</i>	Promoção imobiliária	Habitação Social	<i>Self-procurement</i>
Tipologia dominante do edifício	Apartamentos e casas geminadas	Apartamentos	Habitações unifamiliares ou casas geminadas
Nível de utilização da Prefabricação	Baixo	Baixo	Alto

As principais formas de *self-procurement* são empregues dependendo do grau de envolvimento do proprietário na construção da habitação (Quadro 2).

Quadro 2 - Tipos de *self-procurement* e respetivos graus de utilização da Prefabricação

Tipos de <i>self-procurement</i>	<i>Self.build</i> “Auto-construção”	<i>Comissioned</i> Adjudicação da construção	<i>Catalog purchase</i> Catálogo
Definição	O proprietário constrói a sua própria habitação	O proprietário prepara o projeto e contrata um empreiteiro (que pode depois utilizar componentes prefabricados)	O proprietário seleciona o que pretende de um portefólio de projetos e tipos de habitações
Utilização da Prefabricação	Maioritariamente métodos tradicionais	Alguma Prefabricação	Vários tipos de Prefabricação, com tecnologias em madeira, alvenaria, betão ou aço

Os clientes escolhem entre as várias opções de *procurement*, sendo que a opção de escolher a habitação por catálogo tem estado em crescimento. Um potencial comprador pode escolher uma casa do catálogo do fabricante como acontece com qualquer outro produto. O terreno para construir a casa é adquirido separadamente pelo cliente, sendo as permissões legais, regulamentares e aprovações também da sua responsabilidade. Nesta fase, a qualidade de *design*, estética, funcionalidade e a durabilidade da casa enquanto produto são as primeiras considerações do cliente e, consequentemente, do construtor/fabricante.

As novas habitações podem ainda ser compradas em diferentes fases do processo construtivo. Uma forma particular de *procurement* é designada por “Ausbauhaus” em que a envolvente da habitação está construída mas o interior não está, ou está apenas parcialmente completo. Esta tem sido uma opção em crescimento, visto que permite aos compradores pouparem algum dinheiro em mão-de-obra, fazendo eles próprios os acabamentos e estando mais envolvidos na escolha detalhada de materiais e equipamentos.

Adicionalmente, importa referir que o sistema alemão impõe uma taxa adicional aos promotores que projetam as habitações que constroem, o que desencoraja os fabricantes de OSC a entrar no mercado da promoção imobiliária, uma atividade que tem um risco inerente devido à incerteza nas eventuais vendas.

3.2.2.3. Marketing [13]

Tal como em qualquer mercado baseado num produto competitivo, os fabricantes investem fortemente no marketing e nos pontos de venda.

Centros de exposição e “casas modelo”

Uma característica que distingue a Alemanha no que diz respeito à relação com o cliente são as designadas “*show villages*” ou “*show home parks*”. Estes parques de exposição apresentam à volta de 40 a 70 habitações, correspondentes aos vários fabricantes. Cada casa tem o seu próprio lote e apresenta-se totalmente equipada e mobilada, permitindo aos clientes ver os produtos de vários fabricantes num só local e, dessa forma, ajudá-los no processo de seleção.

A participação neste evento representa um grande investimento para os fabricantes, visto que o mobiliário e os acessórios são geralmente de melhor qualidade. As casas têm ainda de ser renovadas regularmente e normalmente são substituídas a cada 7 anos. Os fabricantes revelam que os custos de marketing, concentrados na sua maioria nesta exposição, absorvem cerca de 16% da receita. No entanto, é fundamental a presença nestes eventos, tendo em conta que constituem a maior fonte de encomendas.

As empresas têm ainda “casas modelo” nos seus locais de produção, juntamente com espaços onde são exibidos acabamentos e acessórios, interiores e exteriores.

Revistas

Outra forma de promoção do setor ocorre através de revistas dedicadas à Construção Prefabricada, como por exemplo a “Pro FertigHaus”. Representam um importante meio para a divulgação de novas configurações, estilos e produtos, e influenciam claramente as perceções e aspirações dos clientes.

Vendas em supermercados

Algumas companhias na Alemanha aproveitaram a ideia implementada pela multinacional IKEA que iniciou a venda de *kits* de habitações em alguns países, como será abordado mais adiante neste relatório. Desta forma, começaram a vender-se *packs* de habitação em estabelecimentos de venda a retalho. As casas prefabricadas tornam-se assim um verdadeiro produto de consumo.

3.2.2.4. Qualidade [13]

As empresas focam-se em promover produtos de alta qualidade, apostando na inovação contínua suportada por investigação e desenvolvimento, formação e processos de garantia de qualidade, que são visíveis para os clientes. Estas preocupações implicam, na prática, inspeções e testes para atribuição de selos de qualidade. A coordenação entre os vários intervenientes do setor imobiliário representou um papel crucial na promoção e aceitação da OSC. A formação constitui também um importante investimento para manter a qualidade e a produção no futuro – algumas empresas fazem um investimento substancial na formação de novos funcionários e colaboradores, perspetivando a sua permanência por muitos anos após essa formação.

A maioria das empresas tem a patente dos seus processos e produtos e desenvolve a sua “assinatura” através de detalhes e componentes. Os seus projetos são reconhecíveis através dos mesmos.

3.2.2.5. Eficiência energética [13]

Os fabricantes têm estabelecido novos padrões em várias áreas, incluindo o desempenho ambiental das novas habitações. Muito oferecem habitações construídas segundo a “German Passivhaus standard”. Esta norma de desempenho energético requer um elevado nível de eficiência energética, equivalente a um consumo anual de energia na ordem dos 5-10 kWh/m². Comparando estes valores com os das construções tradicionais, verifica-se a uma poupança de 90%.

Características de uma Passivhaus podem ainda incluir: elementos construtivos da envolvente do edifício com elevado nível de isolamento térmico ($U=0.125 \text{ W/m}^2\text{K}$), evitar pontes térmicas na envolvente do edifício, janelas e portas exteriores que minimizam as perdas de calor, sistemas de ventilação com recuperação de calor, painéis fotovoltaicos e sistema solar térmico. [13] [16]

3.2.2.6. Projeto [13]

Existem produtos direcionados para uma ampla gama preços e de requisitos individuais, sendo que os fabricantes tentam equilibrar a economia do processo produtivo com o maior número de variações individuais possível.

A maioria das habitações prefabricadas tem a forma de “*chalet*”, ou seja, um volume retangular coberto com um telhado de duas águas. Esta configuração é bastante suscetível de ser produzida em fábrica, uma vez que é necessário apenas um pequeno número de variações de componentes, que podem ser produzidas em vários tamanhos para satisfazer diferentes configurações. É também bastante adequada para a Construção Modular.

Cada fabricante oferece diversos produtos standardizados, que podem depois ser adaptados em maior ou menor grau. No topo do mercado, proporcionam uma habitação que é totalmente determinada pelas especificações do cliente, no mercado com preços mais baixos há mais restrições nos tamanhos, configurações e outras características.

Caso os clientes não tenham muitas ideias formadas, as empresas oferecem um serviço de conceção com a colaboração de Arquitetos. Em alternativa, caso tenham um plano previamente elaborado, será avaliada a compatibilidade com o sistema construtivo e, uma vez aprovado, será colocado na produção.

Os sistemas de produção controlados por computador permitem um elevado grau de personalização, eliminando o receio de uniformização no *output* associado à Prefabricação e tornando a produção em fábrica rentável para níveis de produção bastante mais baixos do que os normalmente associados à Prefabricação.

3.2.2.7. Tecnologias construtivas [13]

As habitações podem ser divididas por dois tipos de tecnologias estruturais utilizadas:

- **Fertigbauweise:** significa literalmente Construção Prefabricada e baseia-se essencialmente em estruturas porticadas ou painéis de madeira. É frequentemente associada à indústria tradicional da Prefabricação;
- **Massivbauweise:** significa construção pesada, inclui as tecnologias tradicionais em alvenaria e betão e é predominantemente construída no local de implantação.

Fertigbauweise

Os sistemas mais utilizados são baseados na Construção Mista e na Construção com Painéis Prefabricados, mais concretamente *Closed Panels*. É frequente a utilização de sistemas com isolamento térmico pelo exterior do elemento estrutural, o que reduz o valor de U de 0.27-0.30 W/m²K, valor típico de um componente estrutural ou painel de parede em madeira, para 0.2 W/m²K.

Duas das empresas que atuam no setor da Fertigbauweise, e respetivas técnicas, são:

- Baufritz: o sistema construtivo baseia-se em painéis de grandes dimensões com levado grau de acabamento em fábrica. Uma das questões que destaca esta empresa é o facto de utilizar as aparas da madeira tratadas para isolamento (Fig. 17). As paredes não têm barreira para-vapor, no entanto conseguem gerir os riscos de condensações internas garantindo que o lado quente é consideravelmente mais resistente ao vapor do que o lado frio.



Fig. 17 – Baufritz: utilização de aparas da madeira para isolamento

- WeberHaus: desenvolveu um conceito baseado em unidades modulares em madeira que podem ser montadas de diversas formas para criar habitações atrativas e flexíveis (Fig. 18 e 19).



Fig. 18 – WeberHaus: fabrico dos componentes



Fig. 19 – WeberHaus: montagem dos componentes

Massivbauweise

A grande maioria das habitações são construídas utilizando componentes de alvenaria de forma tradicional. No entanto, para superar o desafio imposto pela Fertigbauweise, foi preciso desenvolver produtos que reduzam a quantidade de trabalho em estaleiro e aumentem a rapidez de execução e montagem, respondendo às mesmas exigências de preço, especificações (níveis de isolamento e questões ambientais, por exemplo) e qualidade na construção.

As empresas tentam ser sensíveis à procura por parte dos clientes, optando por deixar ao critério dos mesmos qual o nível de acabamento desejado ou disponibilizando *kits standard*, em que as especificações que não estão incluídas têm um custo específico.

Há um investimento substancial em máquinas e equipamentos de produção automatizada e é dada importância às condições de luminosidade e qualidade do ar em fábrica. Consegue-se assegurar a

produção durante todo o ano, o que na Alemanha, dadas as suas condições climatéricas rigorosas durante o inverno, constitui uma grande vantagem, e obtêm-se produtos de melhor qualidade. A montagem no local de implantação torna-se bastante mais rápida do que as técnicas de construção tradicionais. A capacidade de criar estruturas prefabricadas totalmente impermeáveis pode ser muito relevante para a utilização em áreas de risco de cheias.

Alguns exemplos de componentes produzidas podem ser:

- Caves prefabricadas: alguns aspetos inovadores incluem a drenagem dos terrenos adjacentes, o tipo de betão utilizado, o processo de montagem no local e o sistema de suporte temporário. A Glatthaar Fertiggkeller é uma das empresas que fabrica este tipo de componentes. Para demonstrar o seu produto, construiu uma casa flutuante de 300 toneladas, em que a laje de piso da cave flutuava a cerca de 40 cm do fundo de um tanque (na Figura 20 encontra-se um modelo utilizado pela empresa). O processo de produção pode ser totalmente automatizado com equipamentos controlados por computador. Os sistemas podem já incluir isolamento e ser constituídos por painéis prefabricados ou unidades tridimensionais. São utilizados vários métodos para garantir a impermeabilização.



Fig. 20 – Glatthaar Fertiggkeller: modelo de cave prefabricada em betão

- Sistemas com blocos/painéis de betão de grandes dimensões: os elementos são prefabricados e montados posteriormente no local, permitindo mais flexibilidade de construção mas implicando mais trabalho em estaleiro. Consegue, em certos casos, montar-se a estrutura em apenas um dia, no entanto, não é dada a possibilidade de incorporação prévia de instalações em fábrica. Um dos principais interesses relacionado com esta técnica prende-se com a eficiência energética, conseguida através das diferentes espessuras da estrutura.
- Painéis em betão e alvenaria: a empresa Johanni Ziegelhaus patenteou um sistema em que utiliza blocos de alvenaria especialmente concebidos para serem incorporados nos painéis de betão armado para paredes. Os tijolos são dispostos num padrão de grelha sob uma forma de aço, o que permite introduzir reforço ou instalações quando necessário. São colocados lintéis prefabricados acima de quaisquer aberturas nos painéis.



Fig. 21 – Johanni Ziegelhaus: painel prefabricado de betão e blocos de alvenaria

- Unidades tridimensionais: módulos em betão totalmente construídos em fábrica, ao longo de uma linha de produção. A gama de tamanhos e configurações é mais limitada, no entanto ganha-se flexibilidade nos acabamentos.

O custo de transporte de unidades pesadas de betão é um fator muito importante a considerar. Para superar esta questão, alguns fabricantes optam por restringir a atuação à sua área ou desenvolver uma rede de centros de produção que permita reduzir as distâncias de transporte.

3.2.2.8. Transporte dos componentes [13]

Uma vez completo o trabalho em fábrica, há três considerações importantes a fazer:

- O peso das unidades: no final do espectro estão os módulos tridimensionais em betão que poderão, equipados de fábrica, pesar entre cerca de 18 a 24 toneladas cada. Menos onerosos são os painéis em betão, que podem pesar entre 6 a 7 toneladas cada. Continuando, encontram-se os painéis em madeira que necessitam de equipamentos de elevação e montagem e que, se equipados com janelas e portas de fábrica, necessitam ser transportados na vertical, o que reduz a carga por camião. No final do espectro estão os painéis especificamente desenhados para serem transportados manualmente pelos trabalhadores, pesando menos de 100Kg cada, com portas e janelas montadas em estaleiro.
- Painéis vs. Módulos tridimensionais: um típico edifício modular necessita de cerca de 6 vezes mais cargas do que um edifício construído com base em painéis prefabricados com a mesma área. Os tamanhos dos módulos variam consideravelmente e, curiosamente, esta diversidade tem gerado uma abordagem à produção e ao *design* que é determinada, não pelas questões de produção, pelo menos numa fase inicial, mas pelo percurso entre a fábrica e o local de implantação, maximizando o tamanho dos módulos tendo em conta as restrições de transporte.
- Logística: é importante considerar o número de cargas e o manuseamento necessários em fábrica e no estaleiro.

- Danos no trânsito ou no local de implantação: normalmente as empresas utilizam placas densas de gesso como forro interno. Na maioria dos casos consegue-se tornar a construção impermeável em apenas um dia, portanto os estragos provocados pela água não são considerados significativos.

3.2.2.9. Construção/Montagem [13]

Há um compromisso entre a flexibilidade oferecida aos clientes e a proporção de trabalho em estaleiro. Num extremo estão os módulos tridimensionais totalmente terminados em fábrica, que minimizam o trabalho no local. No outro, encontram-se os sistemas com pequenos painéis, possíveis de transportar manualmente, sem incorporação de instalações, portas ou janelas. Esta abordagem oferece as vantagens de ter um custo inicial mais baixo, maximizar o transporte de cargas e aumentar a flexibilidade. Contudo, requer maiores quantidades de trabalho em estaleiro, com as consequentes questões de mão-de-obra ou vulnerabilidade em relação às condições meteorológicas, por exemplo. É frequentes os clientes quererem alterar as suas escolhas iniciais na altura da montagem em estaleiro. Nestes casos, o custo pode subir cerca de 10-15% se as alterações divergirem nalguns detalhes estandardizados.

Qualidade na construção

Há uma ligação estreita entre os trabalhadores da fábrica e os de estaleiro – os produtos são fabricados com pequenas tolerâncias dimensionais e é necessário assegurar a correta ligação de todos os elementos estruturais tendo em conta essas mesmas tolerâncias. Os sistemas modulares têm menor potencial de erro no local de implantação, e os painéis de grandes dimensões são preferíveis aos pequenos painéis.

A permeabilidade entre os elementos montados no local também merece atenção. Os sistemas com melhor desempenho têm juntas executadas em fábrica e não dependem da selagem elaborada no local de implantação.

Revestimento exterior e acabamentos interiores

O revestimento exterior em madeira tem a vantagem de que pode ser totalmente produzido e decorado em fábrica, deixando apenas a montagem e os acabamentos para o local. Por outro lado, as paredes exteriores rebocadas poder ter a aplicação da primeira camada de reboco em fábrica, deixando apenas o tratamento das juntas e o acabamento exterior para o local. No interior, os revestimentos são geralmente em placas de gesso cartonado.

Instalações

No caso das instalações elétricas, normalmente são colocadas as condutas em fábrica, deixando a disposição dos cabos para o estaleiro. Pode também ser feita toda a instalação elétrica em fábrica, baseada em caixas de ligação, sendo apenas necessário efetuar, no local, as conexões entre os vários componentes.

Relativamente às instalações de abastecimento e drenagem de águas, a instalação é totalmente efetuada em fábrica apenas no caso da Construção Modular. Em sistemas com painéis prefabricados, o

máximo que se apresenta consiste na colocação de caldeiras de piso, sistema de controlo, ramais de descarga verticais e conjuntos de tubagens produzidos em fábrica.

Planeamento

Pode haver uma grande variedade de situações, dependendo do grau de acabamento em fábrica e das escolhas do cliente. Quase todos os fabricantes projetam os seus produtos para cerca de um dia de montagem. Depois disso, a instalação de equipamentos e os acabamentos podem levar: 3 dias, para os módulos tridimensionais totalmente acabados em fábrica; 5 meses, para sistemas com base em blocos prefabricados que requerem todo o trabalho de instalação e acabamento no local; 4 a 8 semanas, para sistemas com painéis prefabricados de madeira.

Mão-de-obra, competências e subcontratação

Na grande maioria das vezes, a montagem dos componentes em estaleiro é assegurada por mão-de-obra diretamente empregada e formada pelo fabricante. No caso da WeberHaus, por exemplo, as equipas de trabalho em fábrica são intercaladas com as equipas de montagem no local para obter um *feedback* dos processos produtivos. Pode acontecer também, quando as empresas são mais pequenas ou os componentes têm menor grau de acabamento em fábrica, recorrer-se à subcontratação para responder aos requisitos de mão-de-obra, com a necessidade de um consistente controlo de qualidade e familiarização com o produto.

É também frequente que, no caso das fundações ou caves, o construtor subcontrate empresas desse ramo que já tenham conhecimento das suas necessidades específicas e que geralmente têm a sua própria mão-de-obra.

Normalmente os trabalhadores são especializados para cada tarefa e essas mesmas tarefas são separadas cronologicamente, ou seja, há apenas uma única a decorrer no edifício em qualquer altura.

Garantia de qualidade e questões de segurança e saúde

Há situações em que as empresas não adotam sistemas formais de controlo de qualidade, o que se revela de certa forma curioso, tendo em conta a cultura de controlo de qualidade pela qual a Alemanha é conhecida. Em vez disso, aposta-se na formação e no trabalho integrado em equipa para minimizar a probabilidade de ocorrência erros.

Da mesma forma, há a perceção de que os componentes com maior grau de Prefabricação minimizam os riscos de segurança e saúde em estaleiro, o que tem influência por exemplo a nível de seguros para acidentes de trabalho, que podem ter custos mais reduzidos quanto maior o grau de Prefabricação.

3.3. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

3.3.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO [12]

A utilização da OSC nos Estados Unidos da América teve origem há mais de 100 anos atrás, com o desenvolvimento das “*wood frame houses*”. Um dos maiores benefícios dessas casas era que cada peça ou componente podia ser produzida em fábrica, sendo posteriormente transportada e montada no local de implantação. Em 1908, a Sears Roebuck & Company começou a vender casas por catálogo, no âmbito do designado “Modern Homes Program”. Entre 1908 e 1940, desenhou 447 estilos diferentes e

vendeu mais de 100.000 habitações. Os proprietários podiam fazer modificações consoante as suas necessidades, baseando-se nos *designs* fornecidos pela empresa ou fazer os seus próprios desenhos e submetê-los para adaptação às secções, materiais e elementos prefabricados. Este programa ofereceu várias vantagens resultantes dos métodos de customização em massa, que reduziam significativamente os custos e diminuía o tempo de construção em 40%.

Durante as décadas de 20 e 30, vários Arquitetos e Engenheiros começaram a conceber casas para produzir em massa. Aço, chapa metálica, secções tubulares e alumínio foram considerados materiais apropriados para o fabrico de habitações. Na década de 30, Howard T. Fisher, num esforço para manter a construção de habitações amigável para a média dos proprietários, foi pioneiro na conceção de um sistema de painéis prefabricados em madeira que ainda é utilizado hoje em dia. Seguindo esta ideia, em 1940 foram desenvolvidos os “*house trailers*” ou “*mobile homes*”, com base em técnicas de construção de aeronaves.

Em 1942, foi criada a “Prefabricated Home Manufactures Association”, com o objetivo de difundir informação, desenvolver os padrões do setor, estudar os problemas de distribuição, promover os métodos de fabrico, administrar estudos de custos e contabilidade e funcionar como fórum de troca de ideias. Durante anos, esta associação teve um contributo significativo para o desenvolvimento das técnicas de OSC.

Na década de 50, para fazer face à procura de novas habitações depois da 2ª Guerra Mundial, as empresas começaram a produzir habitações em fábrica. A indústria das casas modulares nasceu quando, em 1958, um fabricante produziu a primeira “*two-section home*”. Tal como aconteceu na Europa, a OSC foi importante na medida em que se revelou eficiente para fazer face ao aumento da procura de habitações novas. Em 1960, o “*Operation Breakthrough program*” tinha começado a proporcionar postos de trabalho, habitações acessíveis e a impulsionar a economia. Apesar do aumento de produção, a OSC ainda não era competitiva com os métodos tradicionais.

Em 1970, a reemergência das técnicas de OSC foi promovida pelo “*Industrialization Forum*”, que disponibilizou uma vasta gama de informação e melhorou significativamente os métodos construtivos. As habitações prefabricadas já representavam aproximadamente 25% das habitações unifamiliares em 1998 e 1999.

3.3.2. APLICAÇÕES CORRENTES

3.3.2.1. Sistemas e tecnologias construtivas [12]

Os construtores têm vindo a consolidar e investir na tecnologia e na gestão da cadeia de fornecimento. A indústria das casas prefabricadas tem-se tornado uma alternativa importante no setor da habitação. A utilização corrente da OSC inclui diferentes aplicações, cada uma com requisitos específicos de *design* e exigências regulamentares:

- *Kits* – conceito criado originalmente pela Sears Roebuck & Company em 1908, consiste em conjuntos de componentes produzidos em fábrica e transportadas para o local de implantação, para a montagem numa fundação permanente. O proprietário pode escolher o *design* a partir do catálogo do fabricante ou fornecer os elementos desenhados. Os *kits* são entregues com um manual de montagem.
- “Casas móveis” – tipo particular de casa prefabricada com uma ou mais unidades tridimensionais produzidas, transportadas para o local de implantação e instaladas em fundações, normalmente, não permanentes. Este tipo de habitações é frequentemente considerado inferior em termos de qualidade, visto que, quando a Marshfield Homes

introduziu o conceito, as casas eram construídas sem nenhuma aprovação regulamentar. Só posteriormente entra em vigor um regulamento nacional para este tipo de construção.

- Sistemas com base em painéis prefabricados – os *Structured insulated panels* (SIPS) fazem parte destes componentes. O revestimento em madeira em ambas as faces proporciona uma habitação durável, de baixo custo e energeticamente eficiente, com vantagens consideráveis na poupança de energia.
- Sistemas modulares – módulos tridimensionais, frequentemente designados por “*boxes*”, construídos em fábrica com instalação elétrica, mecânica e canalização, transportadas para o local de implantação e montados em fundações permanentes. A possibilidade de danificação resultante das ações ambientais no local de implantação ficam reduzidas, e a possibilidade de infiltrações durante a fase de construção é praticamente eliminada, resultando numa maior qualidade, comparativamente à construção convencional.

3.3.2.2. Empresas e setores de atuação [12]

H. B. Zachry Construction Company

No setor comercial, a H. B. Zachry Construction Company é uma das líderes. Em 1968, construiu o Hilton Hotel em San Antonio, Texas, o mais sofisticado edifício modular do mundo naquela altura. A construção começou a cerca de 10 Km, em 6 instalações fabris, onde os quartos de hotel foram construídos, cada um deles com estrutura em betão, placas de gesso cartonado, canalização, acabamento interior e exterior, janelas, portas e varandas. Posteriormente foram transportados de comboio para o local de implantação, içados com recurso a gruas e acoplados entre si, soldando os elementos pré-estruturais de aço. Foi utilizado um helicóptero para assegurar a montagem e fixação de acordo com as dimensões horizontal e vertical estipuladas. Os trabalhos de construção foram concluídos em 202 dias, quebrando o anterior record conseguido utilizando técnicas de construção tradicionais.

Pulte Home Science

A Pulte Home Science é uma das maiores empresas de construção habitacional. Produz componentes em fábrica, como painéis estruturais com isolamento, paredes exteriores com janelas incluídas e vãos das portas previamente cortados, paredes divisórias interiores ou paredes de fundação. Estes sistemas são desenvolvidos com recurso às tecnologias de desenho CAD e outras tecnologias computacionais modernas, que contribuem para um aumento da estabilidade, resistência, eficiência energética e melhoram os aspetos arquitetónicos, proporcionando uma variedade de opções de *design*. Os clientes podem selecionar quaisquer plantas e modificá-las de acordo com as suas necessidades. Depois disso, a equipa de engenharia desenvolve o projeto e os respetivos desenhos, utilizando ferramentas informáticas avançadas que estão conectadas às máquinas de corte dos componentes.

Crestline Homes

A Crestline Homes é uma das empresas líderes no fabrico de edifícios modulares. Todas as habitações são desenhadas utilizando tecnologia CAD e, uma vez concluídos os desenhos e aprovados pelo cliente, dá-se início ao processo construtivo num clima controlado de fábrica, com recurso a mão-de-obra qualificada e máquinas de elevada precisão e tecnologia avançada. Todas as plantas precisam de ser revistas pelas entidades locais para assegurar que estão de acordo com a regulamentação aplicável.

O processo construtivo é inspecionado em todas as etapas por entidades independentes. Quando os módulos são aprovados, essas mesmas entidades emitem um certificado que assegura que estes estão de acordo com os planos e a regulamentação local.

Para assegurar o rigor do transporte e minimizar o risco de danos decorrentes das vibrações associadas, cada módulo é construído com 20 a 30% mais de capacidade estrutural comparativamente à estrutura que seria construída por métodos tradicionais, o que conduz simultaneamente a um melhor desempenho em serviço. As placas de gesso cartonado normalmente são coladas com um adesivo especial e posteriormente aparafusadas à estrutura. Todos os módulos são construídos para resistir também a ações do vento superiores a cerca de 190 Km/h para assegurar a integridade estrutural.

O trabalho em estaleiro normalmente é assegurado por um empreiteiro independente. A fase de montagem geralmente começa com a construção de fundações. Uma vez concluídas, dá-se início ao processo de montagem, com a supervisão de Engenheiros treinados e certificados pelo fabricante. Tipicamente, os empreiteiros mais experientes conseguem montar uma unidade em menos de duas horas. Os acabamentos normalmente incluem garantir a colocação de todas as telhas na cobertura, ligações elétricas e de canalizações, juntas e acabamentos.

Uma vez finalizado, um edifício modular é virtualmente indistinguível de um convencional. O facto de os componentes serem construídos em fábrica, faz com que aumente a sua qualidade e precisão, elimina o impacto das condições meteorológicas na fase de construção, reduz os desperdícios, os custos de materiais, a mão-de-obra e o tempo de construção e aumenta a eficiência energética.

3.4. SUÉCIA [17]

A Suécia, tal como outros países nórdicos, tem alguma tradição no que diz respeito à utilização da Prefabricação, em parte devido às condições climáticas rigorosas. Fugindo um pouco à linha de apresentação utilizada até aqui, optou-se por focar apenas um conceito singular que surge neste país, que poderá revelar-se promissor por algumas das suas singularidades e vantagens inerentes. Este conceito é o BoKlok.

Nos anos 90 verificou-se na Suécia uma necessidade considerável de habitações a preços baixos. Antes desse período não havia praticamente construção de habitações privadas, apesar de a procura ser elevada. Dada esta situação, a empresa de mobiliário doméstico IKEA e a empresa internacional de construção SKANSKA decidiram cooperar e providenciar produtos de preços baixo. O desenvolvimento deste projeto teve início em 1995 e em 1997 as primeiras habitações BoKlok foram construídas. Depois de estar bem estabelecido na Suécia, o conceito começou a ser exportado para a Finlândia, Dinamarca e Reino Unido.

Traduzindo as palavras “bo klok” para inglês obtém-se “live smart” ou “smart living”. Este é um conceito inovador de habitação que combina gestão do espaço, funcionalidade, boa qualidade com um preço que permite à maioria das pessoas ter casa própria. Consiste, de um modo geral, na conceção de casas ou apartamentos prefabricados segundo um processo de produção estandardizado e totalmente equipados. Os vários componentes são transportados para o local de implantação e montados geralmente em menos de um dia.

3.4.1. O MODELO DE NEGÓCIO BOKKLOK

A BoKlok AB, localizada na Suécia, é detentora e desenvolve todo o conceito BoKlok, mas não é responsável pela construção. Emite licenças de *franchise* a outras empresas que, mediante o

pagamento de uma taxa, que varia consoante o volume de habitações, obtêm o direito de construir, de acordo com as limitações do conceito e sob a supervisão de técnicos da BoKlok AB, e de vender as habitações aos clientes. Nos países nórdicos, a construção é assegurada por várias sucursais da SKANSKA e no Reino Unido pela Live Smart @ Home.

Como benefícios adicionais pela compra das casas, são oferecidos aos clientes vales de compras e assistência de um decorador de interiores do IKEA. Para além disso, os clientes podem obter vantagens de financiamento oferecidas pela colaboração com o grupo Nordea.

3.4.2. O CONCEITO BOKLOK

As habitações BoKlok estão disponíveis em três formatos base:

- Apartamentos em edifícios multifamiliares – “Älmhult” e “Helsingborg”;
- Habitações unifamiliares – “Villa BoKlok”;
- Moradias geminadas – “Søndergaardbo” na Escandinávia e “Mölna”, “Ålsten” ou “Järnbro” no Reino Unido.

Uma das particularidades do conceito é o facto de os edifícios serem construídos em pequenos grupos. A disposição mais comum consiste no agrupamento de blocos com forma de “L”, de dois pisos, com três apartamentos em cada piso e janelas direccionadas para três frentes distintas em cada apartamento. A forma em “L” é frequentemente estendida para a forma em “U” como consequência da junção de edifícios mais baixos que funcionam como espaço de arrumação, criando pátios semifechados. Outro aspeto singular deste conceito tem a ver com o hábito de plantar uma macieira por cada bloco, da qual os residentes podem cuidar em conjunto. Desta forma, proporciona-se um espaço ajardinado comum e criam-se áreas de estar onde os vizinhos podem interagir. Estas particularidades são parte integrante do conceito BoKlok.



Fig. 22 – Ilustração do conceito BoKlok

Geralmente, as habitações preenchem elevados requisitos de sustentabilidade e eficiência energética. Em primeiro lugar, porque a filosofia do conceito é construir o mais possível em fábrica, de forma a reduzir o número de viagens e a poluição no local, e porque as casas são construídas com materiais sustentáveis ou recicláveis. Em segundo lugar, porque as habitações são concebidas de forma a que

possam tirar o maior partido da exposição solar e têm elevados níveis de isolamento térmico, reduzindo os gastos com aquecimento e poupando energia. Para além disso, existe a possibilidade de colocação de painéis solares ou outros sistemas de aproveitamento de energia.

Todos os formatos base estão disponíveis com pequenas variações, de forma a obedecer a certos regulamentos e para refletir os costumes ou preferências dos habitantes de um determinado local. O espaço interior é geralmente semelhante para todos os modelos. A madeira domina a aparência interior dos edifícios, as instalações sanitárias são totalmente equipadas e é previamente instalada uma solução de mobiliário IKEA para a cozinha em todas as casas. Apesar do elevado grau de standardização, o produto final resulta numa grande variedade de *outputs*.

O modelo “Älmhult” construído na Escandinávia pode adquirir as várias formas e aspetos representados na Figura 23.



Fig. 23 – Exemplos do modelo BoKlok “Älmhult” utilizados na Escandinávia

Outro modelo também utilizado na Escandinávia, que corresponde igualmente a edifícios multifamiliares, é o modelo “Helsingborg”, ilustrado na Figura 24.



Fig. 24 – Exemplos do modelo BoKlok “Helsingborg” utilizados na Escandinávia

No Reino Unido, o modelo “Älmhult” (Fig. 25) sofreu algumas alterações para respeitar os aspetos regulamentares britânicos. O preço de uma apartamento é geralmente mais baixo do que o de habitações semelhantes convencionais e ronda os seguintes valores (dados de 2007): T1 de 46 m² - £99.500; T2 de 58 m² - £124.950.



Fig. 25 – Exemplo do modelo BoKlok “Älmhult” utilizado no Reino Unido

As habitações familiares podem ter várias configurações, como as ilustradas na Figura 26.



Fig. 26 – Exemplo de modelos de habitação unifamiliar BoKlok

Os modelos correspondentes a casas geminadas também possuem variantes, como a apresentada na Figura 27, por exemplo. No Reino Unido os preços podem rondar os seguintes valores (dados de 2007): 2 quartos, 67m² - £132.500; 2 quartos, 70m² - £139.500; 3 quartos, 81m² - £149.500.



Fig. 27 – Modelo de casas geminadas BoKlok utilizado no Reino Unido

A maioria das poupanças no que diz respeito aos custos relaciona-se com os seguintes aspetos:

- Produtos altamente standardizados e especificados detalhadamente, o que permite explorar a economia de escala na compra de materiais;
- Processos produtivos em fábrica otimizados para serem economicamente eficientes;
- Todos os serviços ou procedimentos de montagem no local são altamente standardizados e otimizados. O material para subempreiteiros é comprado centralmente pela empresa em grandes volumes;
- Apenas são comprados terrenos de preços reduzidos para construir as casas.

Outro dos aspetos interessantes do conceito BoKlok é relativo à localização dos empreendimentos. De forma a manter os custos baixos e, simultaneamente, responder às preferências dos clientes – morar num sítio calmo e próximo da cidade – as habitações não são construídas nos centros das cidades mas sim nos arredores, em áreas mais remotas com possibilidade de regeneração.

3.5. JAPÃO

3.5.1. HISTÓRIA E EVOLUÇÃO [12]

O setor residencial da construção no Japão tem uma longa tradição de produção artesanal com base em trabalhos de carpintaria. Nos anos 50, o mercado imobiliário começou a utilizar a OSC devido à falta de mão-de-obra qualificada, à baixa quantidade de habitações e ao rápido crescimento económico. Houve então uma necessidade de modernizar os métodos convencionais de construção e adotar outros mais eficientes.

Em 1955 foi fundada a *Japan Housing Corporation* (JHC), focada principalmente no desenvolvimento de blocos de apartamentos em betão armado, que desenvolveu os sistemas standardizados de painéis de betão. As primeiras habitações a incorporar estes sistemas não conseguiam competir com os convencionais edifícios de estrutura em madeira, tendo em conta que ainda não existia variedade suficiente para conseguir fazer face às necessidades dos clientes. Em 1970, com o mercado da habitação satisfeito em termos de quantidade, a JHC mudou o seu foco de atenção para o aumento da qualidade e redução de custos. Os fabricantes apostaram na flexibilidade de *designs* de modo a satisfazer as escolhas dos clientes, o que dobrou a quota de mercado dos painéis prefabricados em madeira. Em 1994-95 os sistemas baseados em painéis prefabricados e os sistemas modulares foram largamente adotados e o mercado da construção industrializada conquistava 25% dos edifícios de habitação novos.

3.5.2. APLICAÇÕES CORRENTES

3.5.2.1. Sistemas e tecnologias construtivas [12]

Atualmente, a OSC é predominantemente usada no setor dos edifícios, principalmente nos residenciais. A maioria dos sistemas estruturais prefabricados inclui estruturas em madeira, unidades tridimensionais com estrutura em aço e sistemas em betão armado.

Houve um forte investimento na inovação suportado pelo governo e pela indústria, que passa pela regulamentação, investigação e desenvolvimento, satisfação do cliente e controlo de qualidade. O governo provisiona suporte financeiro e legal para o desenvolvimento técnico, com o intuito de resolver problemas de planeamento urbanístico e apelar ao uso racional dos terrenos.

A vontade de trocar ideias também é um fator que ajuda ao desenvolvimento da indústria da construção. Denota-se uma aprendizagem intersectorial com a indústria automóvel, particularmente no que diz respeito a *design*, engenharia, pesquisa e desenvolvimento, coordenação da cadeia de fornecimento, sistemas de entrega “*Just-in-time*” (JIT), ciclos de qualidade e automatização do transporte e armazenamento dos elementos. A utilização corrente de modelos informatizados dos produtos e processos permite obter *designs* distintos.

3.5.2.2. Empresas e setores de atuação [12]

O mercado da construção industrializada é dominado por grandes empresas – como as Sekisui House, Misawa Homes, Daiwa House, Sekisui Heim, National House e Toyota Homes – que empregam centenas de cientistas, arquitetos, engenheiros e técnicos. Estas empresas estão estruturadas com vários graus de integração vertical de projeto, marketing, vendas, materiais, fabrico e montagem em fábrica e no local de implantação. Algumas delas dispõem de sofisticados sistemas de projeto, como os sistemas CAD, de forma a conciliar as preferências do cliente e conseguir representações tridimensionais de qualidade. Os projetos são desenvolvidos passando por uma série de etapas que incluem visitas a vendedores e projetistas para indicar ao cliente todas as implicações que as suas escolhas terão nos custos, tempo e qualidade. Apesar de o processo de negociação demorar cerca 3 meses, as empresas conseguem ao fim de 2 dias obter uma estimativa detalhada e um consenso relativamente ao projeto.

A Misawa Homes, a Nation Houses e a Toyota Homes utilizam sistemas de *franchising* para as vendas, separando-as das etapas de projeto e construção. O sistema de vendas da Toyota é semelhante ao praticado no setor de produção dos carros, apostando fortemente numa rede de concessionárias e filiais. As redes nacionais de vendas empregam essencialmente profissionais especializados em projeto e vendas, que podem atuar também enquanto *market researchers* para assegurar ligações estreitas entre fabricantes e utilizadores. A maioria dos clientes tem opiniões positivas relativamente aos produtos prefabricados desenvolvidos pelas empresas.

A Sekisui House utiliza máquinas controladas por computador no fabrico e montagem dos componentes. Produz cerca de 70 a 80% do valor de cada casa em fábrica, incluindo todo o sistema estrutural, painéis, rede elétrica, abastecimento e drenagem de águas, mobiliário e telecomunicações. O fabrico começa 3 dias antes de as unidades irem para o estaleiro. A linha de produção opera em 24 estações, completando um módulo a cada 3 minutos. O trabalho começa com o corte dos elementos de aço, continua com o processo automático de corte do zinco, feito por uma tecnologia desenvolvida pela Ford, e com a soldagem automática da estrutura feita por robôs, formando o módulo tridimensional. Os trabalhadores são responsáveis por instalar todos os painéis, janelas, portas, escadas, serviços, casas de banho, cozinhas e acessórios de acordo com um sistema JIT similar ao utilizado na indústria automóvel japonesa. Demora cerca de 3 horas a completar uma unidade e uma casa pode estar completa em aproximadamente 3 dias. São usados os sistemas de entrega JIT para coordenar o envio no dia da montagem. O trabalho em estaleiro perfaz cerca de 20 a 30% do valor total e apenas envolve a preparação do terreno, a montagem integrada das unidades, peças e componentes e ligação das instalações. Os custos de mão-de-obra reduziram cerca de 25% com a utilização de sistemas modulares, comparativamente aos sistemas com painéis prefabricados.

3.6. PORTUGAL

Em Portugal ainda não há muita tradição no que diz respeito à Prefabricação da forma como se apresenta dividida e apresentada ao longo deste relatório. No entanto, se for analisada de forma atenta a área dos “Subsistemas e Componentes”, pode perceber-se que algumas destas técnicas já são aplicadas – exemplo disso são as componentes estruturais, como pilares ou vigas, ou os painéis de fachada em betão utilizados frequentemente. Podem distinguir-se duas abordagens na Prefabricação em betão [5]:

- Com base no produto prefabricado: a estrutura a construir é adaptada aos elementos disponibilizados pelos fabricantes, o que se torna limitador a nível da conceção;
- À medida: os elementos são feitos com base na conceção geral da estrutura e o fabricante adapta a sua capacidade produtiva à obra em particular.

Existe em Portugal a ANIPB – Associação Nacional dos Industriais da Pré-fabricação em Betão – e a indústria da Prefabricação em betão já demonstra alguma capacidade de resposta às necessidades do mercado com garantia de qualidade, rapidez e economia [5] apesar de apenas ter maior grau de utilização no setor dos edifícios comerciais e industriais.

Uma das empresas que se destaca neste setor é a Pavicentro, que dispõe de um sistema de construção prefabricado em betão para componentes estruturais ou painéis de fachada, com diferentes configurações, relevos e texturas. [18]



Fig. 28 – Exemplo de componentes estruturais prefabricados em betão [5]



Fig. 29 – Exemplo de edifício industrial com estrutura prefabricada em betão [5]

Apesar de o grau de utilização da Construção Prefabricada ser ainda relativamente limitado, começam a ganhar espaço no mercado algumas empresas que aplicam técnicas mais abrangentes, com base em vários materiais e diferentes metodologias. Não só na área dos edifícios novos, mas também na temática da reabilitação, vêm surgindo iniciativas e soluções inovadoras baseadas na Prefabricação. Num evento designado por “Dia da Inovação”, realizado pela InovaDomus – Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro – em Abril de 2013, as componentes *standard*, as construções “tipo *leggo*” e a interação com a envolvente foram três das ideias-chave abordadas. O conceito base compreende métodos construtivos que assentam na combinação de módulos leves e facilmente transportáveis, com medidas *standard* e de fácil conjugação, para que sejam simplificados os processos. [19]

3.6.1. TEKETO [20]

A Teketo é uma empresa integrada no grupo Metalusa e tem duas vertentes de atividade: construção nova e reabilitação de edifícios. O sistema construtivo designa-se por Modiko e tem por base uma estrutura porticada metálica, em aço galvanizado, e paredes da envolvente com revestimento térmico pelo exterior (ETICS). A facilidade de encaixe dos diferentes componentes na estrutura metálica, permite obter elementos resistentes e simultaneamente leves e fáceis de transportar, possibilitando uma maior rapidez de montagem em obra. O facto de se utilizarem materiais mais leves permite reduzir as cargas nas fundações, tornando-as menos dispendiosas. Tendo em conta que o aço permite o uso de secções mais pequenas, comparativamente ao betão, pode obter-se maior liberdade no projeto e maior área útil de construção. A estrutura não tem por base paredes estruturais, o que confere flexibilidade e permite o crescimento e adaptação do edifício e da configuração espacial às necessidades dos utilizadores.

Os princípios são a sustentabilidade, eficiência energética e rapidez de construção, utilizando produtos 100% portugueses. Os edifícios construídos têm a classificação com índice A+ de eficiência energética. [21] Para além de se conseguir uma maior rapidez de construção, com uma economia de 90% no prazo de entrega do edifício, estas são construções amigas do ambiente, tendo em conta os materiais 100% recicláveis e as poupanças de energia decorrentes do método construtivo. Os edifícios respondem a requisitos elevados de isolamento térmico e há possibilidade de incorporação de projetos de energias renováveis: solar, eólica, geotérmica. Estão ainda previstos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. O sistema tem em conta a diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios e o conceito de NZEB – *Net zero-energy building* – ilustrado na Figura 30.

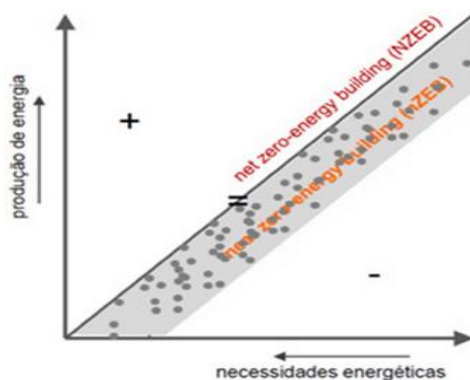


Fig. 30 – Representação gráfica do conceito NZEB

No que diz respeito à utilização de novos materiais e em particular à nanotecnologia, a Teketo, em parceria com a Universidade de Aveiro, está a estudar um sistema inteligente de gestão de energia térmica, incorporando os mais modernos sistemas e materiais – materiais de mudança de fase (a título informativo adicional, encontra-se no Apêndice 1 um artigo sobre estes materiais). Comparativamente ao betão ou à água, estes materiais têm uma densidade de armazenamento de energia bastante elevada, podendo, por isso, conseguir-se o mesmo isolamento térmico com menos volume de material. Estes sistemas conseguem satisfazer os requisitos de conforto térmico com custos mínimos de energia para um largo espectro de condições climáticas.

A empresa pratica o modelo de negócio “chave na mão”, assumindo total responsabilidade pela execução de todas as fases do projeto. A maior parte da produção é feita em fábrica, ficando para o local a montagem dos componentes e os acabamentos. O processo construtivo em estaleiro está descrito na Figura 31.

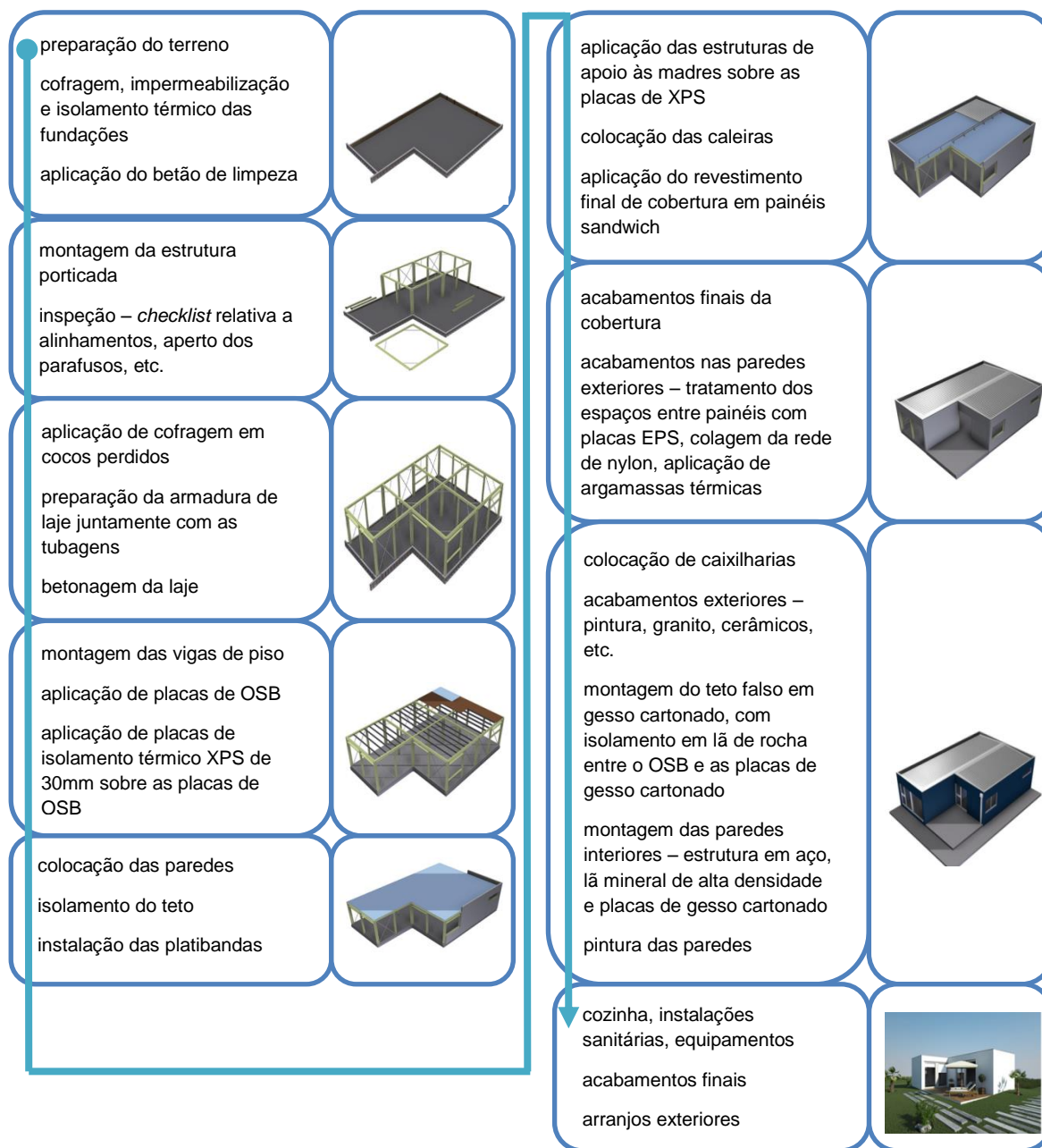


Fig. 31 – Processo construtivo Teketo

Na conceção dos elementos e componentes são foram tidas em conta as propriedades térmicas, higrotérmicas, acústicas e de comportamento ao fogo. São utilizados materiais certificados, naturais, recicláveis e reutilizáveis. Estão apresentados nas figuras seguintes alguns dos componentes de pisos, coberturas e paredes.

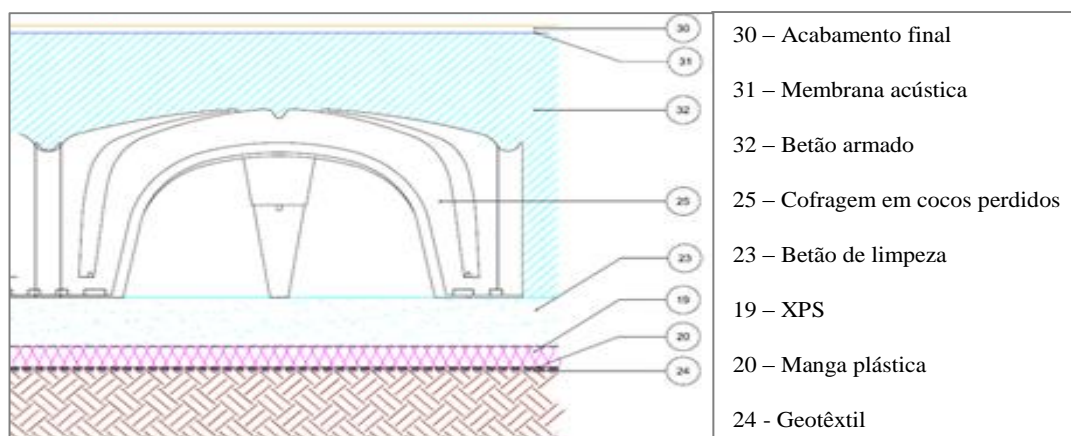


Fig. 32 - Piso Térreo Ventilado Teketo

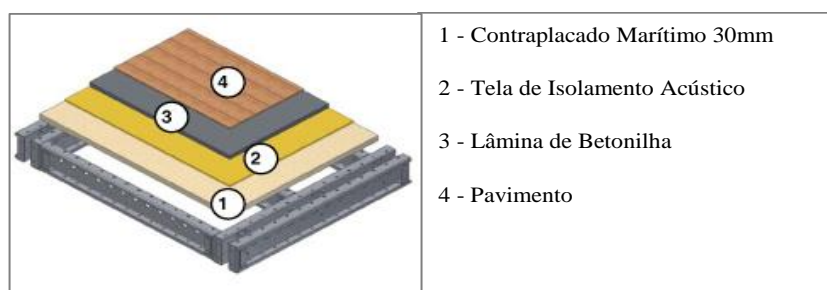


Fig. 33 – Laje de Piso Teketo

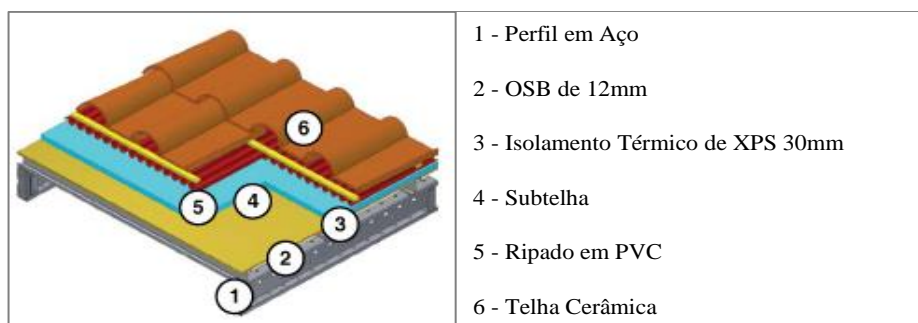


Fig. 34 – Cobertura inclinada com telha cerâmica Teketo

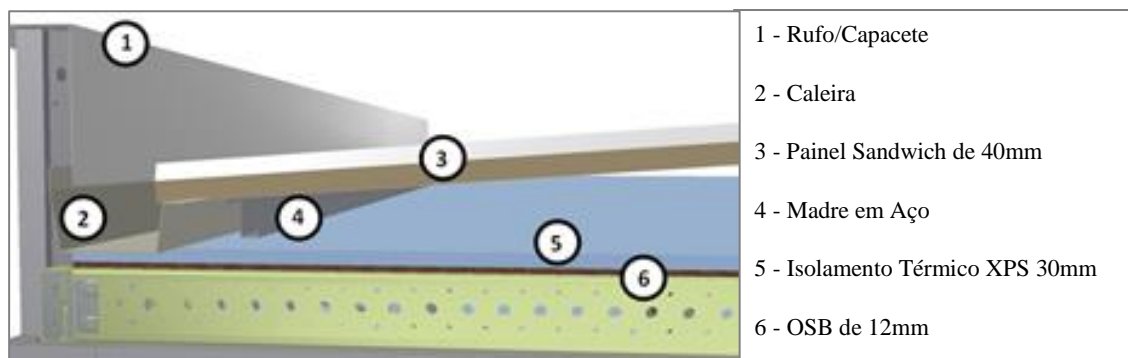


Fig. 35 – Cobertura inclinada com painel sandwich Teketo

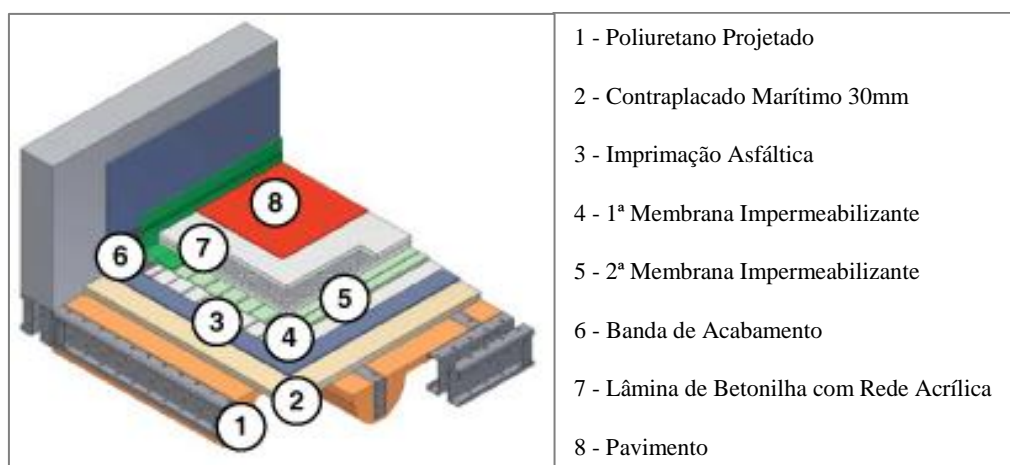


Fig. 36 – Cobertura plana transitável Teketo

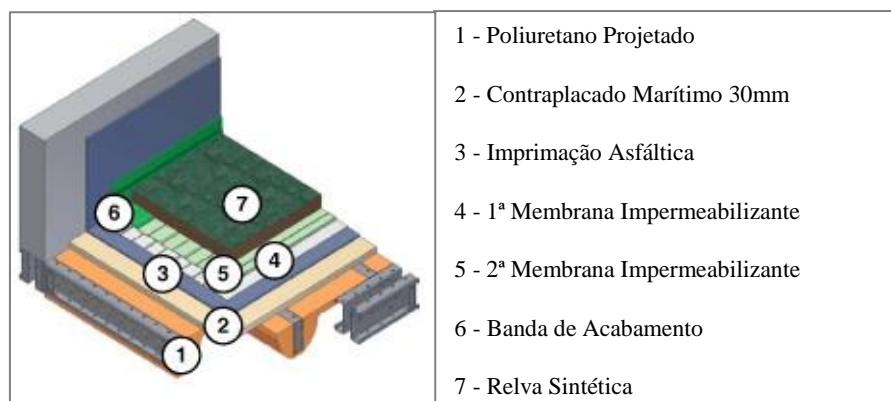


Fig. 37 – Cobertura plana ajardinada Teketo

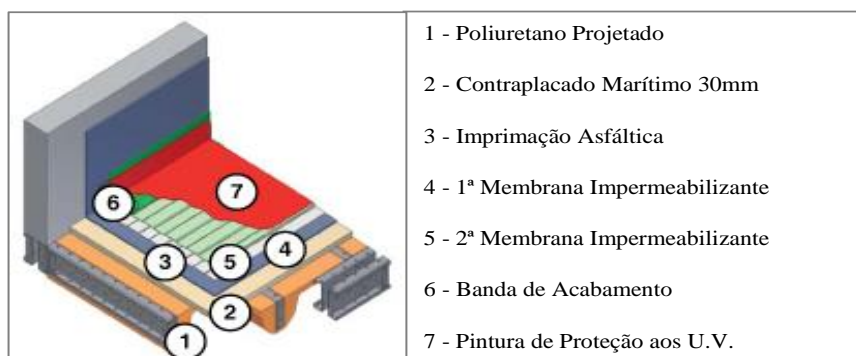


Fig. 38 – Cobertura plana não visitável Teketo

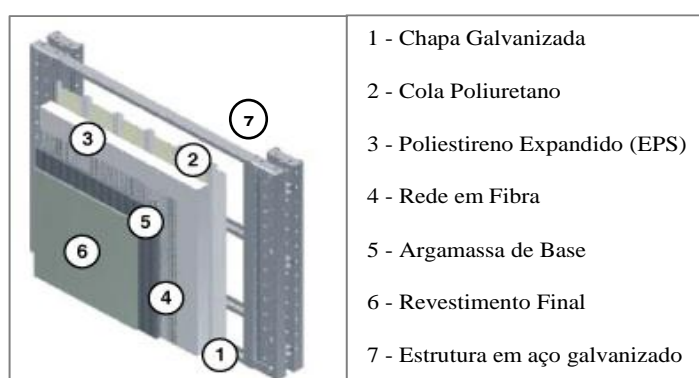


Fig. 39 – Parede exterior de fachada Teketo



Fig. 40 – Parede interior perimetral Teketo

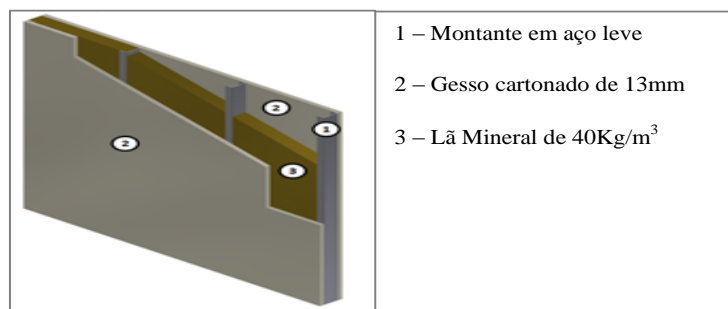


Fig. 41 – Parede interior divisória Teketo

3.6.2. COOL HAVEN [22]

A Cool Haven é uma empresa portuguesa, fundada em 2009. O conceito baseia-se na conjugação de módulos e as principais características subjacentes ao processo construtivo são flexibilidade e redução do tempo de construção. A flexibilidade reflete-se na adaptação ao agregado familiar ou às mudanças de estilo de vida que o sistema permite – as paredes são amovíveis, sendo possível aumentar ou diminuir o espaço e as casas podem ter até 4 pisos.

No que diz respeito à eficiência energética, os modelos são sujeitos a um estudo térmico em função do local de implantação e do posicionamento dos vãos envidraçados, para que se possa tirar o máximo partido do compromisso entre comportamento térmico e otimização de recursos. Para além disso, é ainda possível instalar equipamentos de produção de energia solar, eólica ou geotérmica.

Relativamente a equipamentos e materiais utilizados, as paredes são compostas por painéis OSB, estrutura interior metálica, caixa-de-ar, isolamento térmico e acústico, obtendo um melhor desempenho do que o das paredes duplas em alvenaria. O gesso cartonado utilizado nas paredes é hidrófobo, resistente à humidade e as instalações elétricas, abastecimento e drenagem de água, ventilação, aquecimento, estão ocultas dentro das paredes, pavimentos ou teto. As casas são equipadas com domótica.

A empresa pratica o modelo “chave na mão”. O processo inicia-se com a elaboração do projeto de arquitetura e especialidades e pedido de licença de construção. Existem três hipóteses de desenvolvimento: o cliente escolhe um modelo e adapta-o; o cliente elabora um projeto e a empresa adapta-o aos seus componentes; é concebido um projeto totalmente personalizado. Os processos de estudo prévio, adjudicação e assinatura do contrato, projeto e licenciamento decorrem durante cerca de duas semanas. Depois da aprovação, dá-se início ao fabrico dos componentes e inicia-se a preparação do terreno, fundações e infraestruturas. Finalmente, o cliente informa qual a data que pretende dar início à construção e os elementos de cada módulo são transportados para o local de implantação. Dá-se início à construção, que demora cerca de um a três meses – geralmente no primeiro mês é montada a estrutura e nos seguintes são efetuados os acabamentos. A manutenção não tem nenhum carácter especial, é semelhante à de uma habitação construída pelos métodos tradicionais.

3.6.3. MODULAR SYSTEM [23]

A Modular System é uma empresa que projeta e constrói edifícios concebidos com base num sistema modulado em madeira, segundo o modelo “chave na mão”. As variações e os graus de liberdade dos

sistemas permitem obter várias tipologias, ajustando as habitações ao ambiente em que se inserem e às características solicitadas pelos clientes. Existem as seguintes características de desenvolvimento possíveis:

- MOBILE HOME - casas amovíveis;
- NOMAD - casas compostas por módulos triangulares;
- SÉRIES - casas modulares *standard*;
- BASE - casas modulares *standard* com possibilidade de alterações por parte do cliente;
- CUSTOM - categoria personalizada e desvinculada do sistema de módulos predefinidos.

As três primeiras são de construção rápida, enquanto as outras duas são adaptadas a requisitos específicos, o que implica prazos mais extensos de construção.

São utilizados materiais naturais e recicláveis. As paredes e tetos interiores podem ficar com o aspeto de madeira natural ou ser pintados e aplicados tetos falsos. As paredes exteriores podem ter isolamento térmico pelo exterior, revestimento em madeira, ardósia ou cortiça, entre outras possibilidades. Nos pavimentos interiores pode optar-se por vários tipos de madeira, desde ipê, pinho silvestre, tauari, garapa, freixo, ou revestimento cerâmico. Nos pavimentos exteriores as possibilidades oferecidas são, por exemplo, deck ipê, deck garapa ou ardósia. A cobertura pode ser ajardinada.

Verifica-se um baixo consumo energético no processo construtivo e durante a fase de utilização e existe a possibilidade de incorporação de sistemas de produção de energia solar, eólica, geotérmica ou reutilização de águas pluviais.

3.6.4. SIT MODULAR SOLUTIONS [24]

O conceito baseia-se no princípio da construção rápida e flexível, dando bastante importância à questão da estética, e engloba a construção de edifícios com várias finalidades: habitações – existem modelos que vão desde a tipologia T1 (conjugação de dois módulos) até T4 (conjugação de nove módulos); bungalows; escritórios; bares ou restaurantes; instalações sanitárias; zonas de ensombramento.



Fig. 42 – Bungalows SIT Modular Solutions

O método construtivo é baseado em módulos tridimensionais em betão reforçado com fibra, totalmente acabados em fábrica. Os acabamentos são definidos em fase de projeto e elaborados em fábrica. Os módulos são entregues no local com instalações incorporadas: elétricas (quadro elétrico com disjuntor geral e disjuntores modulares independentes), telecomunicações, abastecimento e drenagem de águas, possibilidade de pré-instalação de ar condicionado. Em estaleiro, a colocação dos módulos é feita com auxílio de um camião-grua, pelo que é necessário garantir acesso ao local para este equipamento com 12m de comprimento e 3 a 4m de largura, consoante a dimensão do módulo. Os módulos são colocados sobre bases de betão e, sendo estes autoportantes, podem ser transportados para outro local sem que isso implique quaisquer danos. Todas as construções são amovíveis, tendo em conta que não necessitam de fundações e são apenas assentes no solo e fixadas entre si. Em obra, os trabalhos são: colocação dos módulos, ligação às redes elétrica e de abastecimento e drenagem de águas e acabamentos finais interiores e exteriores. Os módulos preenchem todos os requisitos legais e são, por isso, passíveis de licenciamento, sendo necessário elaborar o projeto de acordo com os trâmites legais.

Os acabamentos exteriores podem incluir vários tipos de caixilharias e portas, paredes envernizadas, pintadas ou com revestimento em deck compósito de madeira. No interior são aplicados tetos falsos em gesso cartonado, hidrófugo nas instalações sanitárias e na cozinha. O sistema de ensombramento pode ser interior ou exterior. A laje do pavimento tem estrutura metálica e isolamento em poliuretano expandido. As paredes exteriores são em betão reforçado com fibra, com isolamento térmico em poliuretano expandido, e as paredes divisórias interiores são em gesso cartonado. A cobertura é em betão reforçado com fibra, isolamento térmico em poliuretano, impermeabilização exterior com membrana elástica e reforço estrutural com rede de fibra.

A empresa lançou recentemente no mercado módulos de pequenas dimensões – 3,9mx2,25m – em betão reforçado com fibra, que se apresentam como soluções competitivas para instalações sanitárias públicas, bares ou quiosques, portarias. A facilidade de transporte é um fator bastante importante a considerar, visto que é possível transportar até três destes módulos num contentor de 40 pés. O objetivo é beneficiar da rapidez de construção e da redução e simplificação do trabalho em obra, que torna estas soluções mais competitivas e, simultaneamente, enquadradas numa estratégia de internacionalização. [25]

3.7. SUMÁRIO

O ponto mais notório deste capítulo pode centrar-se no aspeto relativo ao ritmo de evolução das técnicas de Prefabricação nos vários contextos apresentados. Os fatores que impulsionam a evolução da Construção Prefabricada e os condicionantes que travam essa mesma evolução são singulares para cada situação apresentada.

É importante retirar dos exemplos apresentados a capacidade de responder às necessidades do mercado e de fazer face às dificuldades inerentes a metodologias construtivas inovadoras e mais industrializadas num setor como o da construção, intrinsecamente associado à unicidade de cada projeto e à complexidade de interações e gestão da comunicação entre os muitos intervenientes envolvidos. Deve procurar-se uma mudança contínua de práticas construtivas à medida das necessidades do mercado e consoante a viabilidade das soluções.

4

CONSTRUÇÃO PREFABRICADA vs. CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

As exigências no que diz respeito a prazos são crescentes e determinantes para a competitividade de uma empresa e as questões ambientais e energéticas são encaradas como um dos grandes desafios do setor. A produção em fábrica permite implementar processos produtivos mais eficientes e racionais, superar as necessidades de trabalhadores especializados, tirar partido da repetição de tarefas e aplicar um controlo de qualidade mais rigoroso e eficaz. Para além disso, a Prefabricação consegue proporcionar construções com mais qualidade, durabilidade, fiabilidade e segurança. Ainda assim, enfrenta algumas dificuldades de implementação e entraves ao seu desenvolvimento, que se deve procurar desmistificar, como são exemplo o estigma social da baixa qualidade ou a restrição à criatividade conceptual. [1]

O objetivo deste capítulo é estabelecer uma comparação entre os vários métodos construtivos, sob o ponto de vista de vários parâmetros, que será feita de forma qualitativa ou quantitativa, quando tal for possível. É necessário referir que estas comparações nem sempre são simples ou lineares, tendo em conta que as técnicas adotadas se tornam aparentemente complexas devido à interdependência entre tarefas e recursos. A unicidade de cada projeto torna bastante difícil o estabelecimento de um referencial de comparação entre as técnicas construtivas. [12]

4.1. PLANEAMENTO

Um dos maiores condicionantes da Construção Prefabricada é o aumento das fases de planeamento e pré-construção, sendo necessário um maior esforço antecipado de engenharia. O trabalho de projeto e o planeamento extensivo têm de ser conduzidos de forma precisa antes da fase de fabrico. A coordenação do *design*, transporte e montagem em estaleiro constituem componentes decisivas no sucesso da implementação destas técnicas. [12]

Quando se opta por utilizar a Prefabricação num determinado projeto, é importante inclui-la no processo de desenvolvimento o mais cedo possível, idealmente nas fases iniciais. Problemas como falhas na compatibilidade, que resultam em aumentos de custos, são comuns quando os componentes prefabricados não são considerados até se chegar a uma fase tardia no projeto. Estas alterações implicam um conjunto de problemas ligados ao reajuste dos componentes, que normalmente são entregues em estaleiro segundo determinadas dimensões e especificidades indicadas inicialmente. Trabalhar com elevada precisão e uma boa supervisão pode reduzir a quantidade de ajustes e adaptações que por vezes é necessário efetuar. [14] A impossibilidade de fazer alterações em estaleiro constitui um entrave à Construção Prefabricada. Particularmente no caso dos edifícios modulares, é necessário que esteja muito bem definido o âmbito do projeto desde cedo.

Antes do trabalho em estaleiro, algumas das atividades cujo desenvolvimento consome mais tempo incluem as interações entre projetistas, que podem ter tanta influência no desenvolvimento quanto a construção propriamente dita. Uma falha nesta etapa poderá compensar o tempo poupado de trabalho em estaleiro com tempo adicional de projeto e trabalho em fábrica. Os gestores e coordenadores de projeto precisam de exercer e ter conhecimentos nas várias vertentes, de forma a aproveitar todos os benefícios e potencialidades da rapidez de construção associada à Prefabricação. Gerir a relação entre projetos depende do desenvolvimento de uma estratégia de comunicação, particularmente através do estabelecimento e utilização de códigos e nomenclaturas comuns, que facilitem a colaboração técnica e profissional. Caso se verifiquem estas interações desde cedo, o desenvolvimento fica facilitado e a finalização dos vários projetos e consequente produção podem ter início mais cedo. [10]

Uma das grandes vantagens da Construção Prefabricada é permitir que o projeto e subsequente fabrico decorram em simultâneo e em paralelo com outras atividades. Alterações posteriores ao projeto não podem ser facilmente implementadas sem que influenciem o planeamento de produção, estendendo o prazo global do projeto. [10] Outra vantagem em termos de planeamento de tarefas é o facto de se erguer o edifício mais rápido [14], possibilitando a execução de trabalhos no interior mais cedo do que na Construção Tradicional.

As poupanças de trabalho e tempo só conseguem ser atingidas se os processos associados a cada fase forem adaptados ao método construtivo e seguidos de forma apropriada. Como é expectável, os tempos, sequência de atividades e recursos necessários variam consoante o método construtivos.

4.1.1. PRAZOS

Poupar tempo é um dos mais substanciais benefícios da Construção Prefabricada. A redução do tempo de construção no local tem um grande impacto na duração global de todo o projeto. Sendo o trabalho em estaleiro tradicionalmente vulnerável a atrasos devidos às condições atmosféricas, que constituem um dos parâmetros mais variáveis do planeamento construtivo, a utilização de componentes prefabricadas permite reduzir o risco de atrasos e assegurar as exigências do projeto. [12]

De acordo com um estudo realizado nos EUA, conduzido pela Partnership for Advancing Technology in Housing (PATH), a Construção Modular consegue reduzir significativamente o ciclo de construção, desde a preparação do terreno à finalização do edifício, que normalmente leva 20-25 dias neste caso e 6-9 meses numa habitação com estrutura porticada em madeira. [12]

Comparado com as tecnologias construtivas convencionais na Holanda, as Construção Prefabricada pode reduzir o tempo de construção de 21 para 12 meses, permitindo mais 33% de área útil e reduzindo ainda o custo de construção em 17%. [12]

Outro estudo realizado no Reino Unido [10] mostra que a Construção Modular pode reduzir para metade o tempo de trabalho em estaleiro (Fig. 43).

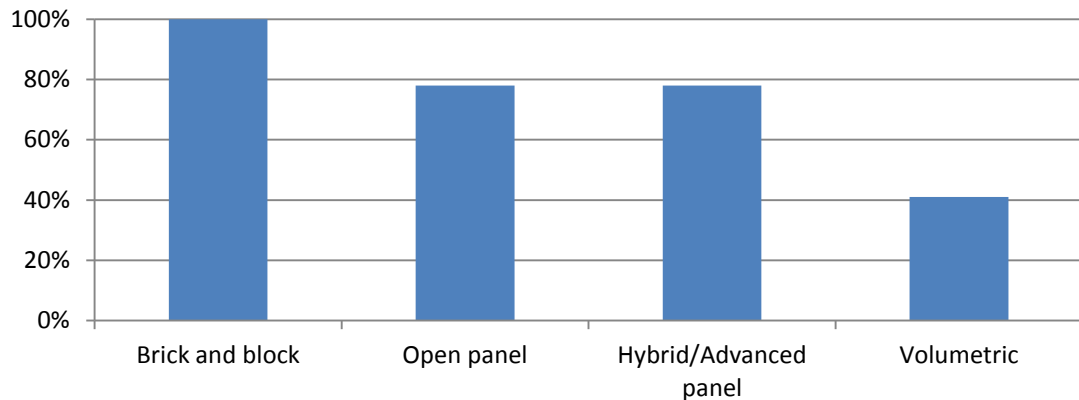


Fig. 43 – Período típico de construção, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10]

Neste desenvolvimento em específico, a Construção Mista tem resultados muito semelhantes às técnicas com painéis prefabricados com elevado grau de acabamento em fábrica, porque, apesar das poupanças no trabalho em estaleiro, a maioria das diferenças não está nas tarefas do caminho crítico do planeamento.

Segundo o mesmo estudo [10], pode perceber-se que há ainda maiores discrepâncias quando se trata do tempo despendido para conseguir tornar os edifícios estanques, como ilustra a Figura 44. A Construção Modular consegue uma redução de praticamente 80% em relação à Construção Tradicional.

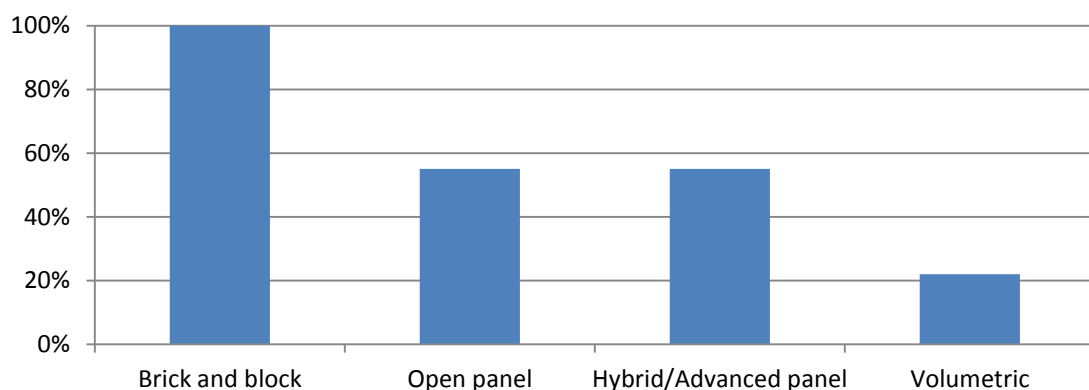


Fig. 44 – Período típico para tornar um edifício estanque, em percentagem da Construção Tradicional (*Brick and Block*) [10]

Conseguir tornar as estruturas estanques mais rápido tem três grandes vantagens [10]:

- A qualidade é protegida porque as condições meteorológicas não danificam o que já está construído;
- O mau tempo não provoca paragens e atrasos nas tarefas seguintes;
- As condições de trabalho melhoram porque os trabalhadores estão protegidos da chuva, frio ou sol.

A questão dos prazos é particularmente importante no setor dos edifícios comerciais, industriais ou na promoção mobiliária. Nestes casos, por vezes pode ser compensado o possível custo acrescido das soluções prefabricadas com a colocação dos estabelecimentos em funcionamento num período mais curto de tempo e consequente obtenção mais rápida de receitas. A título exemplificativo, podem mencionar-se os restaurantes “McDonald’s” que utilizam a Prefabricação na construção dos seus espaços comerciais, tendo conseguido completar um edifício e abri-lo ao público apenas 13 horas após terem dado início à construção/montagem do mesmo, num terreno previamente preparado. [12]

4.1.2. MÃO DE OBRA

A Prefabricação permite aliviar problemas da falta de mão-de-obra qualificada. Comparada com a Construção Tradicional, a Construção Prefabricada necessita de menor quantidade de mão-de-obra em estaleiro, devido ao conteúdo mais reduzido e simplificado, em certos casos, de trabalho. [12] Para além disso, a mão-de-obra utilizada na montagem é geralmente mais qualificada, com outro tipo de comportamento e mais eficiente. [1]

Por outro lado, a falta de mão-de-obra qualificada constitui uma barreira à implementação da Construção Prefabricada. Os métodos construtivos requerem mão-de-obra mais qualificada, tanto para a montagem em estaleiro como para o fabrico. Muitos dos problemas relacionados com a falta de qualidade dos edifícios prefabricados estão relacionados com a montagem, e não com defeitos dos materiais, componentes ou da própria estrutura. [12]

As técnicas de Prefabricação deveriam possibilitar construir mais com a mesma quantidade de mão-de-obra, considerando que reduzem o tempo de construção e o trabalho em estaleiro. Na Figura 45 pode ver-se um exemplo comparativo obtido através de um estudo realizado no Reino Unido, referente aos dias de trabalho em estaleiro das várias técnicas construtivas. Conclui-se que a Construção Prefabricada torna possível construir até 4 vezes mais utilizando a mesma quantidade de mão-de-obra em estaleiro do que os métodos tradicionais. [10]

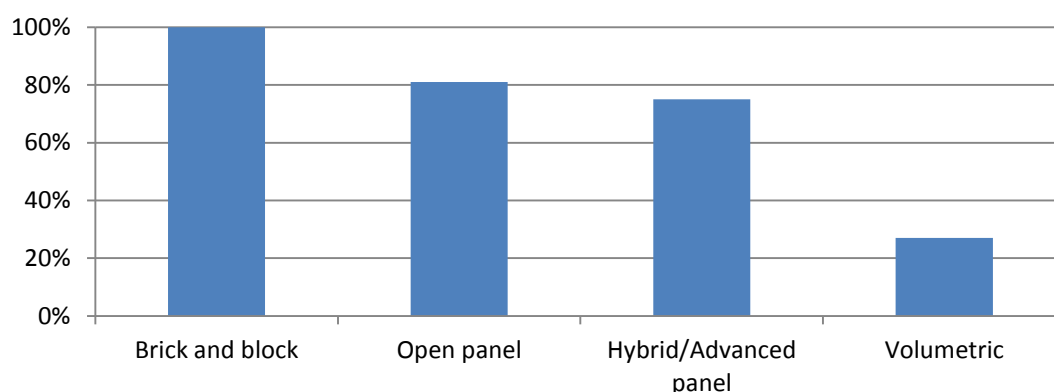


Fig. 45 - Número típico de dias de trabalho em estaleiro, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10]

Outro estudo realizado no Reino Unido [15] conclui que a construção com recurso a painéis estruturais, *Structural Insulated Panels* (SIPS), permite poupar cerca de dois terços do tempo de trabalho para as paredes e cobertura, comparativamente a um edifício com estrutura porticada em madeira.

Importa ainda referir que é possível aumentar a produtividade sem que isso corresponda a um aumento de mão-de-obra, utilizando a Prefabricação. O facto de os elementos serem produzidos em ambientes controlados de fábrica facilita a aplicação de maquinaria e automação à construção, reduz as necessidades de mão-de-obra em estaleiro, proporciona um melhor ambiente de trabalho, facilita o controlo de qualidade e permite uma maior previsibilidade na entrega do produto final. [13]

4.1.3. EQUIPAMENTOS

Um dos fatores que pode restringir o uso da Prefabricação é a capacidade de transporte e manuseamento de grandes componentes em estaleiro. Alguns fabricantes disponibilizam gruas nos seus meios de transporte, no entanto esses equipamentos precisam de ser ajustados ao local. [14] Na configuração do estaleiro, é necessário ter em conta a distância máxima de montagem, que limita simultaneamente o peso do elemento e o equipamento a utilizar. [5]

4.1.4. TRANSPORTE

A logística do transporte constitui um fator determinante para a viabilidade da Construção Prefabricada. O método de transporte e o itinerário impõem limitações de peso, tamanho e altura. [12]

As componentes prefabricadas dos edifícios têm de ser sobredimensionadas e projetadas de maneira a evitar danos durante o transporte, o que também pode contribuir para o aumento dos custos do projeto. [12] Este aspeto revela-se uma condicionante da Construção Prefabricada, quando comparada com a Construção Tradicional.

4.2. ECONOMIA/CUSTOS

Outro grande desafio à utilização da Construção Prefabricada relaciona-se com o preço. A utilização de técnicas de Prefabricação permite reduzir custos em todas as etapas da cadeia de produção, por exemplo, relacionados com a economia de materiais e mão-de-obra na fase de construção, tendo em conta a possibilidade de atingir uma dada produção em massa.

Num estudo elaborado pelo Construction Industry Institute [12], que incide sobre projetos industriais, concluiu-se que, em alguns casos, os custos eram reduzidos na ordem dos 10% na globalidade do empreendimento e cerca de 25% no que diz respeito aos custos de mão-de-obra em estaleiro. Esta poupança pode estar ainda associada à redução dos custos de estaleiro, eficiência na instalação, estandardização, aumento da produtividade e diminuição da quantidade de trabalho em estaleiro. Por outro lado, estudos efetuados no Reino Unido [12] indicaram que a utilização da Prefabricação se traduz num aumento dos custos na ordem dos 7-10%. As comparações não são lineares e dependem de variados fatores relativos às empresas, ao contexto em que se inserem e à estruturação do setor da construção.

Os custos variam consoante o método construtivo. Outro estudo realizado no Reino Unido [10] conclui que a Construção Prefabricada pode ter uma relação custo-benefício e ser pelo menos tão competitiva como os métodos construtivos mais tradicionais, desde que nas circunstâncias apropriadas (Fig. 46). Todavia, é ainda, em média, ligeiramente mais cara do que as técnicas convencionais. As técnicas baseadas em painéis prefabricados com baixo grau de acabamento em fábrica (*Open panels*) constituem uma exceção e são competitivas a nível de custos. Os benefícios financeiros decorrentes da poupança de tempo podem conseguir colmatar o custo mais elevado dos elementos prefabricados.

Uma potencial redução no preço dos componentes, quando o mercado crescer e consolidar, poderá diminuir esta diferença de custos.

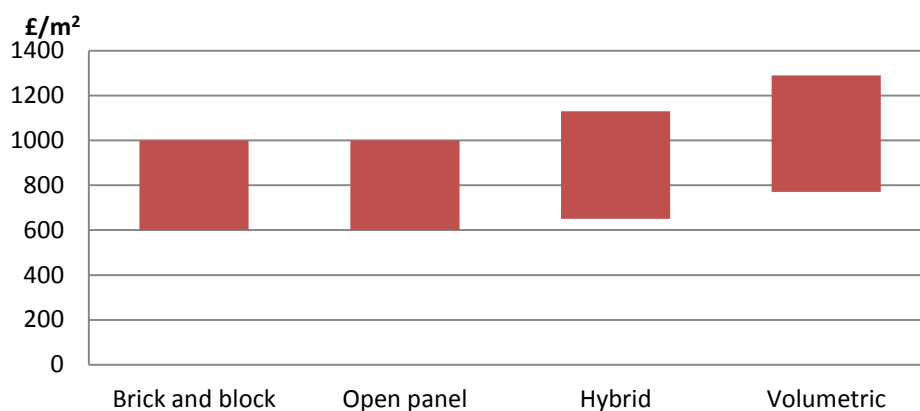


Fig. 46 – Custo de construção dos vários métodos construtivos [10]

Os edifícios mais altos favorecem Prefabricação tendo em conta que os custos aumentam mais rapidamente para a construção tradicional do que para os elementos prefabricados. [10]

A construção mais rápida e a redução do trabalho em estaleiro trazem benefícios financeiros aos promotores que podem compensar o grande aumento de custos da Construção Mista e da Construção Modular. Estes benefícios fazem com que até mesmo as técnicas baseadas em painéis prefabricados com baixo grau de acabamento em fábrica sejam mais rentáveis do que as tradicionais. [10]

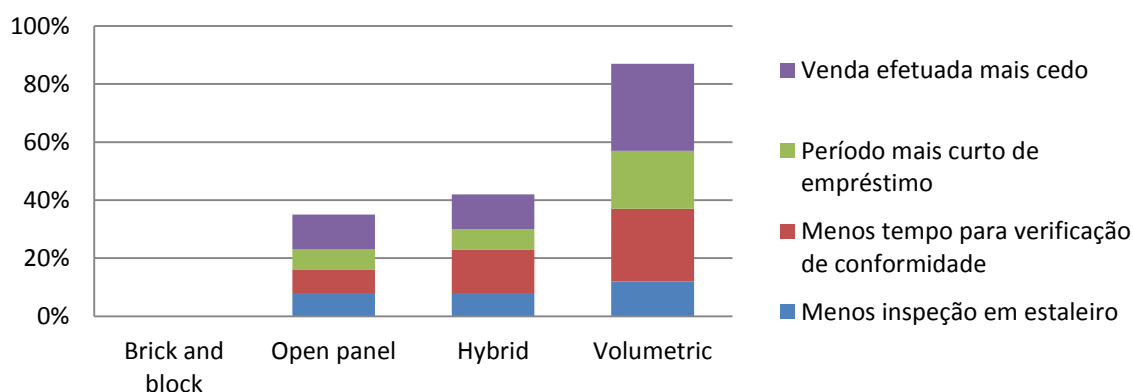


Fig. 47 – Benefícios financeiros para os Promotores decorrentes da maior rapidez de construção e da redução do trabalho em estaleiro, em percentagem da Construção Tradicional (Brick and Block) [10]

Uma das vantagens significativas para os Promotores imobiliários, como já foi referido, é o facto de os fluxos de rendimento decorrentes da venda/aluguer terem início mais cedo. Os custos de verificação de conformidade em estaleiro são reduzidos porque os componentes prefabricados já foram sujeitos a um controlo de qualidade rigoroso em condições de fábrica. A necessidade de inspeção no local de implantação diminui com a diminuição da quantidade de trabalho em estaleiro.

A possibilidade de redução de custos depende de onde a maioria dos mesmos ocorre, o que varia consoante a metodologia construtiva (Fig. 48).

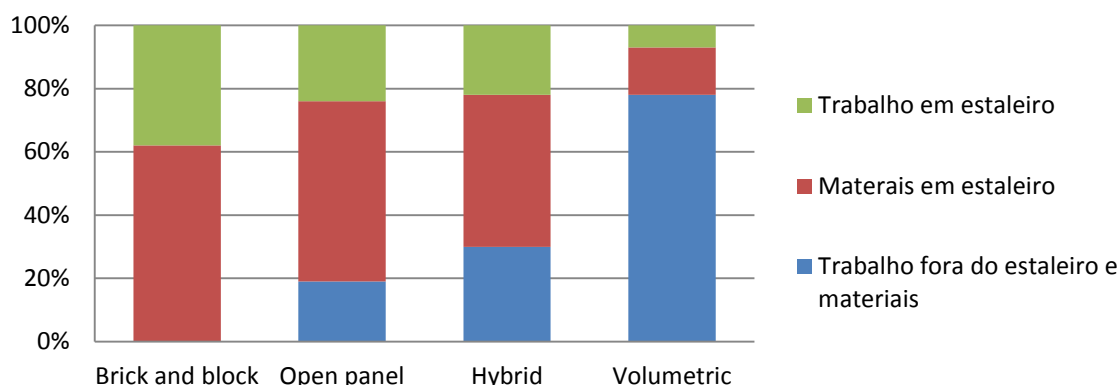


Fig. 48 – Proporção de custos das várias técnicas de construção [10]

As técnicas de Construção Prefabricada aumentam os custos de trabalho fora do estaleiro, sendo que a maior percentagem se verifica nas abordagens modulares. A Construção Modular poderá tornar-se mais competitiva se os custos do trabalho fora do estaleiro diminuïrem e, por sua vez, a Construção Mista tornar-se-á mais competitiva da mesma forma ou se permitir uma grande redução do trabalho em estaleiro, materiais e respetivos custos. Pode atingir-se uma diminuição dos custos de trabalho fora do estaleiro como consequência da consolidação e expansão do mercado da Construção Prefabricada. Os preços irão inevitavelmente seguir um curso errático em relação à expansão de mercado. Uma redução no preço, em combinação com alguma capacidade financeira dos promotores, poderá ser suficiente para eliminar a diferença de preços. O impacto é maior para a Construção Modular do que para a Construção Mista porque o trabalho fora do estaleiro constitui uma grande proporção do custo total. [10]

É necessário também ter em conta a capacidade dos fabricantes para lidar com o aumento da procura, utilizando a capacidade de reposição/reserva, visto que esses aumentos poderão levar a subidas temporárias de preços até que mais capacidade esteja disponível, altura em que os preços começarão de novo a descer. [10]

4.3. SEGURANÇA

O facto de a Prefabricação implicar períodos de construção mais curtos ou de possibilitar a construção em fábrica de certos elementos pode trazer inúmeros benefícios em termos de segurança. Os trabalhadores em fábrica encontra-se num ambiente mais controlado e não são afetados pelas condições meteorológicas. Por sua vez, os trabalhadores em estaleiro podem ver reduzida a exposição a condições meteorológicas adversas como chuva, frio ou calor excessivos, a partir do momento em que o trabalho em estaleiro diminui. Operações arriscadas ou trabalhos em altura também podem acontecer com menos frequência, tendo em conta a possibilidade da prefabricação de elementos de coberturas, por exemplo. Para além disso, os componentes prefabricados proporcionam ainda mais espaço de trabalho em estaleiro, aliviando também a possibilidade de acidentes [12] decorrentes de excesso de materiais, falta de organização ou configuração pouco correta do próprio estaleiro.

Sintetizando, podem obter-se vantagens em dois campos:

- Segurança estrutural: a possibilidade de realizar testes aos vários componentes envolvidos no sistema construtivo antes da sua aplicação permite a correção de eventuais falhas ou defeitos;
- Segurança no trabalho: a redução da possibilidade de acidentes em obra é uma consequência da diminuição significativa do número de horas de trabalho em estaleiro. A mão-de-obra mais especializada e a eficácia dos equipamentos utilizados também são fatores que influenciam este parâmetro. O recurso a equipamentos de transporte, elevação e montagem adequados combinada com a menor utilização de equipamentos ou materiais auxiliares, como escoramentos ou cofragens, resultam também num incremento da segurança em estaleiro. A mão-de-obra mais qualificada utilizada na montagem dos elementos tem geralmente um comportamento mais adequado e mais eficiente, o que também constitui um fator com importância considerável. [1]

Apesar destas vantagens, é de referir que a Construção Prefabricada implica, geralmente, a movimentação em obra de componentes de maior peso e dimensão. Posto isto, é necessário garantir uma definição de zonas de trabalho e passagem de veículos adequada em estaleiro, de modo a garantir a segurança dos trabalhadores.

4.4. QUALIDADE

A Construção Prefabricada pode trazer uma potencial vantagem em termos de qualidade, tendo em conta que os sistemas de controlo aplicados em fábrica podem ser mais rigorosos do que em estaleiro, o que poderá levar a um menor número de falhas precoces devido à incorreta instalação ou a danos decorrentes das operações de construção. É possível obter um produto final com mais qualidade devido ao maior grau de precisão, às dimensões estandardizadas e à apertada supervisão em fábrica, que permitem um maior controlo de qualidade, reduzindo a quantidade e a extensão de alterações. Em ambientes de fábrica, a qualidade do produto final é bastante mais simples de assegurar do que em estaleiro. Tecnologias informáticas avançadas ajudam a controlar o alinhamento e precisão das peças, permitindo também que cada produto na linha de fabrico seja diferente do anterior, possibilitando uma produção em massa personalizada. [12] Em estaleiro é apenas necessário assegurar que a montagem é realizada de acordo com as normas e padrões aplicáveis, para que o projeto cumpra os requisitos de desempenho. É fundamental ter bastante atenção a este ponto, uma vez que constituiu um problema no passado da Prefabricação. [14]

As três maiores questões que podem ser colocadas sobre qualquer casa construída com recurso a técnicas de Prefabricação, quando comparada com outra construída pelos métodos mais convencionais, são [10]:

- Será que vai durar tanto tempo? – Durabilidade
- Será que vai ter o mesmo custo de manutenção? – Custo do ciclo de vida
- Será que vai funcionar tão bem? – Desempenho

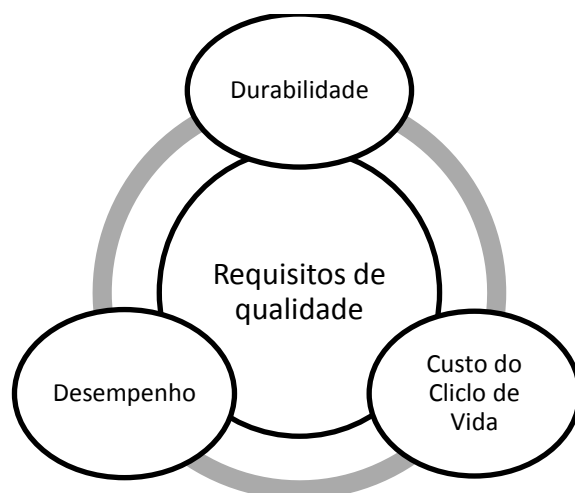


Fig. 49 – Requisitos de qualidade dos edifícios [10]

4.4.1. DURABILIDADE [10]

A durabilidade de edifícios construídos utilizando qualquer um dos métodos construtivos é semelhante. É expectável que tal suceda, tendo em conta que os principais componentes que são afetados pelos agentes de degradação são os mesmos para cada tipo de construção. Em particular, todas as componentes estruturais têm um período de vida útil estimado de 60 anos, o que corresponde ao período de vida útil estimado para os vários componentes prefabricados. Os sistemas com estrutura leve em aço foram avaliados como tendo um potencial período de vida útil de 200 anos.

A Construção Prefabricada não pode por si só garantir uma maior durabilidade, no entanto a produção em fábrica deve reduzir os riscos de não conformidade relacionados com falhas prematuras e consequentes reparações.

4.4.2. CUSTO DE CICLO DE VIDA

Não tem necessariamente de haver questões diferentes de manutenção subjacentes à estrutura das construções prefabricadas, pelas razões apontadas acima relativamente à durabilidade. Os materiais são semelhantes e com especificações idênticas, sendo assim apresentam a mesma durabilidade e o mesmo custo de ciclo de vida. Os regimes de manutenção para os componentes, tais como janelas, serão os mesmos, independentemente da metodologia construtiva utilizada, pois os requisitos a satisfazer pelos componentes são os mesmos. [10]

Muitos dos edifícios prefabricados eram vistos no passado como sendo construções de fraca qualidade com períodos de vida útil mais baixos do que as construções tradicionais. A perceção da Prefabricação enquanto solução não permanente é uma das barreiras à sua implementação generalizada no setor da construção. [14]

No setor não habitacional a importância do período de vida útil é entendida de forma diferente. Alguns estabelecimentos comerciais são projetados para ter um período de vida útil relativamente limitado, dentro do qual o desempenho do edifício consegue ser mantido. A introdução do conceito de Custo de Ciclo de Vida para olhar para as diferentes estratégias de projeto pode ser aplicada à Prefabricação, permitindo ao cliente, no processo de escolha e estudo prévio, perceber quais as implicações

financeiras de determinado edifício ao longo do seu período de vida útil. Este conceito é importante para o mercado da promoção imobiliária. [14]

4.4.3. DESEMPENHO

Hoje em dia já existe um conjunto de normas que tem como objetivo assegurar que os edifícios têm um desempenho satisfatório em serviço, independentemente do método construtivo utilizado. No entanto, é necessário referir que o comportamento em serviço de um edifício prefabricado difere substancialmente do verificado num edifício construído pelos métodos tradicionais. O faseamento construtivo deve ser considerado desde início no projeto. Os elementos prefabricados devem estar preparados não só para a fase de serviço, como sucede normalmente na Construção Tradicional, mas também para as fases de fabrico, transporte e montagem, sendo necessário garantir o equilíbrio durante todas as fases do processo construtivo. [5]

No caso da Construção Prefabricada, outro fator bastante importante a considerar são as ligações entre os componentes. [5] Como se sabe, para garantir o comportamento estrutural adequado de um edifício é necessário que a transmissão das cargas entre elementos seja feita de forma correta e de acordo com o estipulado em projeto. Posto isto, é de salientar que as ligações entre os elementos assumem-se de maior importância no comportamento global da estrutura e, em particular, no caso de construções prefabricadas. Devem ser corretamente dimensionadas e especificadas em projeto e executadas em obra de forma rigorosa.

4.5. SUSTENTABILIDADE

Nos dias de hoje, a preocupação com a preservação do meio ambiente representa um desafio a nível global. Existem já um conjunto de medidas aplicadas para regular o impacto ambiental e o desempenho energéticos dos edifícios, como a Diretiva Europeia dos Edifícios Sustentáveis. Quando se trata de sustentabilidade, podem abordar-se os seguintes aspetos: energia, água, materiais, desperdício, poluição, saúde e bem-estar, gestão e ecologia. [26]

O setor da construção e as suas atividades inerentes continuam a ter um grande peso nos impactos negativos sobre o meio ambiente, nomeadamente no que diz respeito a consumos energéticos, utilização irracional de recursos naturais, poluição, desperdício ou ruído. Vários estudos apontam a Prefabricação como uma solução competitiva e adequada neste campo. A nível Europeu, a Prefabricação tem sido encarada como tendo um papel fundamental para tornar as atividades da construção mais sustentáveis. [14]

No âmbito do programa PREPARE (Preventive Environmental Protection Approaches) um grupo de trabalho considerou os seguintes potenciais benefícios da Prefabricação [14]:

- Redução de 50% na quantidade de água utilizada para construir uma casa típica;
- Redução de 50 % da utilização de materiais oriundos de uma pedreira;
- Redução de pelo menos 50% no consumo de energia.

Os benefícios ambientais vão depender do sistema específico escolhido. Indubitavelmente, podem ser utilizados sistemas prefabricados que tenham um desempenho ambiental pior que os tradicionais, mas têm potencial para conseguir melhores índices neste indicador. A performance ambiental da Prefabricação para os diferentes parâmetros estipulados pela Movement for Innovation [14] pode ser encontrada no quadro seguinte.

Quadro 3 – Desempenho ambiental qualitativo da Prefabricação de acordo com alguns indicadores [14]

Indicador de sustentabilidade	Efeito resultante da utilização da Prefabricação
Energia (em serviço)	Positivo Melhorias na qualidade dos edifícios devem assegurar padrões consistentes de isolamento e instalações
Energia (construção)	Positivo Redução de desperdício e aumento da reciclagem deverá reduzir a energia gasta na construção, associada ao fabrico de determinados componentes
Energia (transporte)	Negativo O transporte dos componentes prefabricados pode envolver volumes adicionais de ar, nomeadamente nas soluções modulares
Desperdício	Positivo Os componentes produzidos em ambiente de fábrica devem reduzir muito do desperdício frequentemente associado às atividades em estaleiro
Água	Positivo Em fábrica é possível um maior controlo e potencial reutilização da água do que em estaleiro
Espécies por hectare	Positivo A redução da poluição em estaleiro deve limitar o impacto nas espécies existentes no local. A configuração arquitetónica e paisagística é igualmente importante e não deve depender do método construtivo.

4.5.1. ENERGIA

4.5.1.1. Em serviço

Os componentes produzidos em fábrica têm as vantagens de ter o isolamento e as instalações já inseridos no interior dos elementos construtivos e de serem especificamente concebidos tendo em conta as suas propriedades térmicas, com auxílio de tecnologias que permitem um maior controlo dos processos. Utilizando os materiais adequados, conseguem-se paredes mais finas com valores melhores de resistência térmica e que permitem simultaneamente uma maior flexibilidade na configuração de espaços. Quando os edifícios são construídos no local, tipicamente é mais difícil de conseguir uma boa impermeabilização e estanquidade, podendo implicar problemas de qualidade. Posto isto, normalmente são necessárias mais quantidades de materiais para assegurar valores mais baixos de condutibilidade térmica “U”. [26] Dados estes fatores apresentados, pode concluir-se que no que diz respeito à energia em serviço, a Construção Prefabricada tem potencialidades quando comparada com a Construção Tradicional.

4.5.1.2. Construção

Uma redução do tempo de trabalho em estaleiro e os processos mais eficientes de fábrica podem contribuir também para a redução de gastos com energia durante o período de construção, tornando a Construção Prefabricada competitiva neste aspeto.

Para isso, é importante que os fabricantes sejam proactivos, considerem os impactes ambientais dos seus produtos e desenvolvam parâmetros para os materiais, reciclagem, controlo de poluição e minimização de desperdício. [14]

4.5.1.3. Transporte

O transporte provavelmente é o fator de desempenho ambiental em que a Construção Prefabricada apresenta piores resultados do que a Construção Tradicional. No caso da Construção Modular em particular, o transporte dos componentes para o local de implantação necessita da movimentação de alguns volumes de ar, o que implica mais viagens, tornando-se menos eficiente do que as entregas tradicionais. Para além disso, a localização das fábricas relativamente aos estaleiros pode implicar viagens significativas até aos locais de implantação. [14] Todos estes aspetos implicam maiores gastos de energia na fase de transporte.

4.5.2. ÁGUA

Tal como acontece com os restantes materiais construtivos, o maior controlo em fábrica permite também reduzir a quantidade de água necessária para a produção dos componentes. À semelhança o que sucede com a energia, a produção em fábrica permite uma melhor capacidade de gestão e reaproveitamento de recursos, nomeadamente da água.

4.5.3. MATERIAIS E DESPERDÍCIO

Uma supervisão cuidada da qualidade dos processos de fabrico permite controlar e minimizar os desperdícios e resíduos da construção através de uma gestão apropriada. A utilização de componentes prefabricados deve minimizar os desperdícios em estaleiro associados às práticas correntes de encomendas excessivas de materiais e ao pouco cuidado no manuseamento e manipulação dos mesmos nos processos tradicionais. [14] É mais simples gerir o desperdício em ambiente de fábrica do que em estaleiro, essencialmente devido ao facto de haver um maior controlo no processo produtivo, que permite uma separação mais eficaz de materiais e maiores níveis de reciclagem. No âmbito do Waste and Resource Programme (WRAP), foi elaborado um estudo, no Reino Unido, em que foram demonstrados os benefícios da Construção Prefabricada no que diz respeito à redução de desperdício. Utilizando um indicador de volume de desperdício gerado por 100 m² de área bruta de construção, foram obtidos os resultados descritos no Quadro 4 [27]. Denota-se uma diferença significativa entre a construção em estrutura porticada, construída no local, e a Construção Modular, em que os módulos tridimensionais são produzidos em fábrica.

Quadro 4 – Comparação de desperdício gerado pelos métodos construtivos [27]

Tipo de construção	Desperdício [$\text{m}^3/100\text{m}^2$ de área bruta de construção]
Estrutura porticada em madeira	19.16
Construção modular em aço	5.51
Estrutura porticada em aço	16.84

Noutro estudo [26], efetuou-se a comparação entre Construção Tradicional e Construção Modular. Verificou-se uma redução de 52% do desperdício, com diferenças significativas em termos de betão, cimento, metais ou isolamento.

4.5.4. POLUIÇÃO E ECOLOGIA

Os processos produtivos em fábrica são mais suscetíveis de possibilitarem um maior controlo no que diz respeito à poluição. A utilização da Prefabricação num determinado empreendimento permite reduzir o tempo de trabalho em estaleiro, o que significa que o impacto do mesmo no meio ambiente local também ocorre durante menos tempo. O impacto de um edifício na ecologia local e nas espécies é fortemente influenciado pela configuração do mesmo e pelo paisagismo que deverá ser independente do método construtivo. No entanto, uma questão que pode ser importante está associada aos estragos causados pela poluição durante a fase de construção. A Construção Prefabricada permite um maior controlo associado à produção em fábrica, nomeadamente à emissão de CO_2 , que deve reduzir o risco de poluição para o meio ambiente [14], tanto em termos globais como para os locais próximos do estaleiro.

Outro fator importante relaciona-se com o ruído. O impacto ambiental pode ser minimizado reduzindo o tempo de construção em estaleiro e, consequentemente, o ruído. [12]

4.5.5. DESCONSTRUÇÃO

A par da promoção da regulamentação ambiental, é necessário desenvolver e implementar técnicas e processos construtivos que tenham em linha de conta a sensibilização para a desconstrução. A Prefabricação tem um papel importante, na medida em que satisfaz mais facilmente os requisitos da desconstrução, possibilitando a recuperação e o reaproveitamento de materiais e componentes, promovendo a reutilização e a reciclagem. [1]

4.6. RELAÇÃO COM OS VÁRIOS INTERVENIENTES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A perceção negativa da maioria das pessoas relativamente à Construção Prefabricada é um dos maiores desafios. A imagem da Prefabricação foi marcada por experiências menos positivas de implementação no passado. Apesar de muitos dos problemas terem como principal causa a mão-de-obra e não o projeto propriamente dito, estas experiências resultaram numa barreira à aceitação da Prefabricação enquanto alternativa viável de construção. Um dos maiores desafios é deixar para trás esta conotação com sistemas construtivos de fraca qualidade. [14]

Pode verificar-se uma certa relutância em adotar novos sistemas, por mais inovadores que estes se apresentem, por falta de conhecimentos técnicos e de viabilidade. Os projetistas optam por não utilizar sistemas que consideram não trazer benefícios para a construção ou cujos impactos no processo não

conhecem.[14] Os empreiteiros podem estar pouco receptivos a estas técnicas por várias razões, incluindo as percepções negativas, a experiência anterior de fraca qualidade, a falta de mão-de-obra qualificada e pela resistência à mudança dos seus meios e métodos. [12]

Outra barreira relaciona-se com a percepção do cliente sobre o conceito estético do edifício. Normalmente, os que optam por soluções arquitetonicamente mais tradicionais têm a ideia errada de que estas não serão conseguidas com recurso à Prefabricação. No entanto, esta é uma questão normalmente relacionada com o setor da habitação, visto que no setor dos edifícios não habitacionais se valorizam frequentemente as aparências inovadoras e não tradicionais. O conceito geralmente é mais aceite e já se denota a opção pela Prefabricação, tendo em conta os requisitos de rapidez de construção que normalmente são exigidos nestes casos e as consequentes vantagens que daí resultam.[14]

Um estudo realizado em 2002 nos EUA [12], concluiu que os clientes não eram resistentes às novas formas de construção, mas sim a novos materiais de construção. Outro estudo realizado em 2007 [12] com o objetivo de examinar o grau de utilização da OSC no setor da construção nos EUA, permitiu obter algumas conclusões no que diz respeito à percepção de vários intervenientes do setor, desde Arquitetos, Engenheiros ou Empreiteiros. Os principais resultados são apresentados nos quadros seguintes.

Quadro 5 – Principais razões que motivam a utilização da Construção Prefabricada

Principais benefícios apontados por Empreiteiros, Arquitetos e Engenheiros
Redução do tempo de construção
Redução do custo global do empreendimento
Promoção da qualidade do produto
Aumento da eficiência da gestão da obra em estaleiro
Redução e paragens e atrasos em obra
Redução do impacte negativo no meio ambiente

Quadro 6 - Principais desafios e restrições à utilização da Construção Prefabricada

Principais restrições apontadas por Empreiteiros, Arquitetos e Engenheiros
Impossibilidade de alterações em estaleiro
Restrições de transporte
Limitação das opções de <i>design</i>

Quadro 7 - Principais razões para o aumento da Construção Prefabricada no futuro

Principais razões para o aumento da Construção Prefabricada no futuro
Diminuição dos custos de mão-de-obra
Rapidez de construção
Menor necessidade de mão-de-obra qualificada em estaleiro
Melhor qualidade do produto

Quadro 8 - Principais razões para a diminuição da Construção Prefabricada no futuro

Principais razões para a diminuição da Construção Prefabricada no futuro
Aumento dos custos de transporte
Falta de trabalhadores qualificados para efetuar a montagem dos elementos
Imagem negativa das técnicas
Resistência à mudança

Foi encontrada uma relação linear entre os níveis de satisfação dos Arquitetos e Engenheiros e a percentagem de utilização de técnicas de Prefabricação. Isto significa que o aumento do conhecimento por parte destes intervenientes sobre a Construção Prefabricada é uma das mais eficientes vias para aumentar a sua utilização. No entanto, não foi encontrada relação linear entre a satisfação dos Empreiteiros com a percentagem de utilização destas técnicas. Ainda de referir que Arquitetos, Engenheiros ou Empreiteiros que já utilizaram alguma vez a Prefabricação têm uma atitude mais positiva em relação à mesma do que aqueles que nunca a usaram. A falta de conhecimento acerca destas técnicas pode ser um dos maiores desafios a enfrentar. [12]

Existem, no entanto, outros contextos em que a imagem da Construção Prefabricada tem mudado significativamente. Um estudo elaborado na Alemanha em 2004 [13] revelou a perceção da população e os números mais notórios foram os seguintes: 20% vivem numa casa prefabricada; quase todos conheciam alguém que morava numa casa prefabricada; 82% consideravam adquirir uma casa prefabricada; 92% sabiam que uma casa prefabricada poderia ser planeada de acordo com as suas necessidades específicas; 84% consideraram adequados os preços praticados; 95% viam as tecnologias de Prefabricação como confiáveis, práticas e sensatas enquanto método construtivo; 50% indicaram que a Construção Prefabricada estava a definir as tendências em áreas como o *design* e a eficiência energética.

4.7. GESTÃO DO RISCO

A Construção Prefabricada muda os perfis de risco dos empreendimentos e a respetiva gestão e mitigação. Enquanto alguns se tornam menos significativos em termos de probabilidade de ocorrência e de potencial impacto – flutuações de preço durante o processo construtivo ou atrasos devido às más condições climáticas, por exemplo – outros poderão tornar-se mais significativos – decisões de planeamento imprevisíveis ou configurações que não sejam adequados ao método construtivo. [10]

As alterações tardias ao projeto têm um maior impacto quando se utiliza Prefabricação, porque o trabalho em fábrica, baseado nos vários projetos de especialidade, começa bastante cedo, muito antes de se dar início ao trabalho em estaleiro. As alterações que implicam trabalho em fábrica adicional poderão ter um custo elevado e causar atrasos, trazendo inclusive custos adicionais correspondentes a multas por falhas nos prazos de execução. Pelo contrário, as abordagens tradicionais conseguem absorver as alterações em projeto mais facilmente, mesmo depois de se ter dado início ao trabalho em estaleiro. Torna-se, por isso, vital envolver o fabricante dos componentes desde as etapas iniciais do empreendimento, trabalhando numa estreita colaboração com a equipa de projeto, o arquiteto e o cliente, de forma a assegurar que o projeto desenvolvido se adequa ao processo de fabrico. Uma colaboração estreita com os coordenadores de projeto assegura que todas as questões que possam ter impacto sobre o *design*/conceção sejam resolvidas antes dos projetos serem fixados. [10]

A Construção Prefabricada tem inerente o risco da perda de capacidade de produção da fábrica. Se o *design* for específico para um determinado fabricante ou para um grande volume de habitações, pode ser difícil encontrar outro fabricante com os mesmos produtos, implicando assim grandes atrasos. A perda de capacidade de produção pode ser causada por flutuações no projeto para lá da data prevista de início ou pelo facto dos prazos para produção de certos componentes terem sido subestimados. Este risco pode ser reduzido através de uma comunicação eficaz entre o responsável pelo desenvolvimento do projeto e o fabricante, fornecendo à fábrica advertência suficiente para se preparar para períodos de pico de produção. Um elevado grau de standardização e uma colaboração entre os vários grupos de desenvolvimento do projeto poderá também levar a flexibilidade na alocação de capacidade produção. [10]

Em particular no caso das abordagens modulares, as fundações requerem uma construção com precisão. As fundações que estão fora da tolerância precisam de ser corrigidas antes que os elementos prefabricados sejam instalados. Se os erros forem descobertos tarde e houver um espaço de armazenamento limitado, os elementos poderão ter de voltar para a fábrica enquanto as fundações são corrigidas, implicando um atraso e consequentes custos extraordinários. Os atrasos nesta fase podem requerer alterações no planeamento de tarefas seguintes, implicando um reajuste do planeamento global e de outros recursos, introduzindo potenciais atrasos e custos associados. Este risco pode ser minimizado fazendo uma formação adequada das equipas de trabalho e por uma boa gestão da obra em estaleiro. Envolver o fabricante nas etapas iniciais e possibilitando a inspeção por parte deste do local de implantação e das fundações antes da entrega dos elementos, poderá também reduzir a probabilidade de ocorrência. [10]

Como o próprio nome indica, as técnicas de Construção Prefabricada dependem da montagem dos elementos no tempo certo. Outros trabalhos não poderão prosseguir até que estes estejam no local respetivo. Uma falha na entrega no prazo estipulado por parte do fornecedor poderá implicar um atraso e uma reprogramação das atividades seguintes, com consequências no prazo de execução e custos extraordinários. Estes riscos podem ser mitigados através de uma gestão correta e eficaz da cadeia de fornecimento. Para além disso, deverão ser identificados os elementos cujo fabrico requer mais tempo para assegurar que as ordens são efetuadas no momento adequado. [10]

A insolvência do fabricante durante o decorrer do projeto terá maior implicações no caso da Construção Prefabricada do que na Construção Tradicional. Se o *design* e a produção de várias componentes do edifício, particularmente unidades tridimensionais de compartimentos de serviço ou painéis prefabricados, forem específicos para um determinado fabricante, então as opções serão alterar

o projeto substancialmente ou procurar outro capaz de fazer um produto compatível. Qualquer uma destas opções é dispendiosa e causa atrasos. O efeito da insolvência terá maior impacto quanto mais tarde no processo de desenvolvimento ocorrer. Este risco pode ser minimizado promovendo a estandardização entre fabricantes. Os responsáveis pelo desenvolvimento do empreendimento devem assegurar que os processos de *procurement* são robustos e eficientes para minimizar a perturbação causada pela procura de fabricantes alternativos. Uma comunicação eficaz ao longo das cadeias de fornecimento deverá alertar para problemas eminentes com os fabricantes o mais cedo possível. [10]

Fazendo um balanço, pode concluir-se que, no caso da Construção Prefabricada, os riscos aumentam nas etapas iniciais do projeto, antes de se dar início ao trabalho em estaleiro. A gestão do risco torna-se assim muito importante quando se opta pela Prefabricação. Mitigar os riscos requer um processo disciplinado, boa coordenação e uma cultura que não aceita alterações tardias ao projeto. [10]

4.8. SUMÁRIO

A diminuição de custos, aumento da qualidade, aumento a produtividade ou a diminuição dos problemas relacionados com a mão-de-obra são fatores importantes, que devem ser cuidadosamente analisados pelos vários intervenientes do setor de modo a conseguir levar a uma maior aceitação da Construção Prefabricada.

Existem alguns entraves à utilização da Prefabricação em Portugal, tais como [5]:

- Falta de informação disponibilizada aos intervenientes na construção, nomeadamente por parte dos fabricantes de elementos prefabricados, sobre os sistemas prefabricados;
- Pouca formação nas universidades sobre Prefabricação e consequente desconhecimento a nível técnico;
- Falta de legislação aplicável à Prefabricação;
- Falta de conhecimento e pouca importância dada em fase de projeto ao comportamento dos componentes e ligações;
- Critério de escolha de soluções construtivas frequentemente baseado essencialmente no preço.

Apesar de, hoje em dia, já ser praticamente consensual o facto de a prefabricação ser o caminho a seguir pelas empresas do setor da construção, esta tecnologia construtiva ainda tem subjacentes alguns inconvenientes que estão, provavelmente, na origem da sua reprovação generalizada, mas que devem ser encarados como desafios a ultrapassar e superar.

Resumindo todos os aspetos referidos neste capítulo, pode efetuar-se uma análise SWOT, ainda que simplificada, para sintetizar alguns dos fatores mais importantes a considerar (Fig. 50).

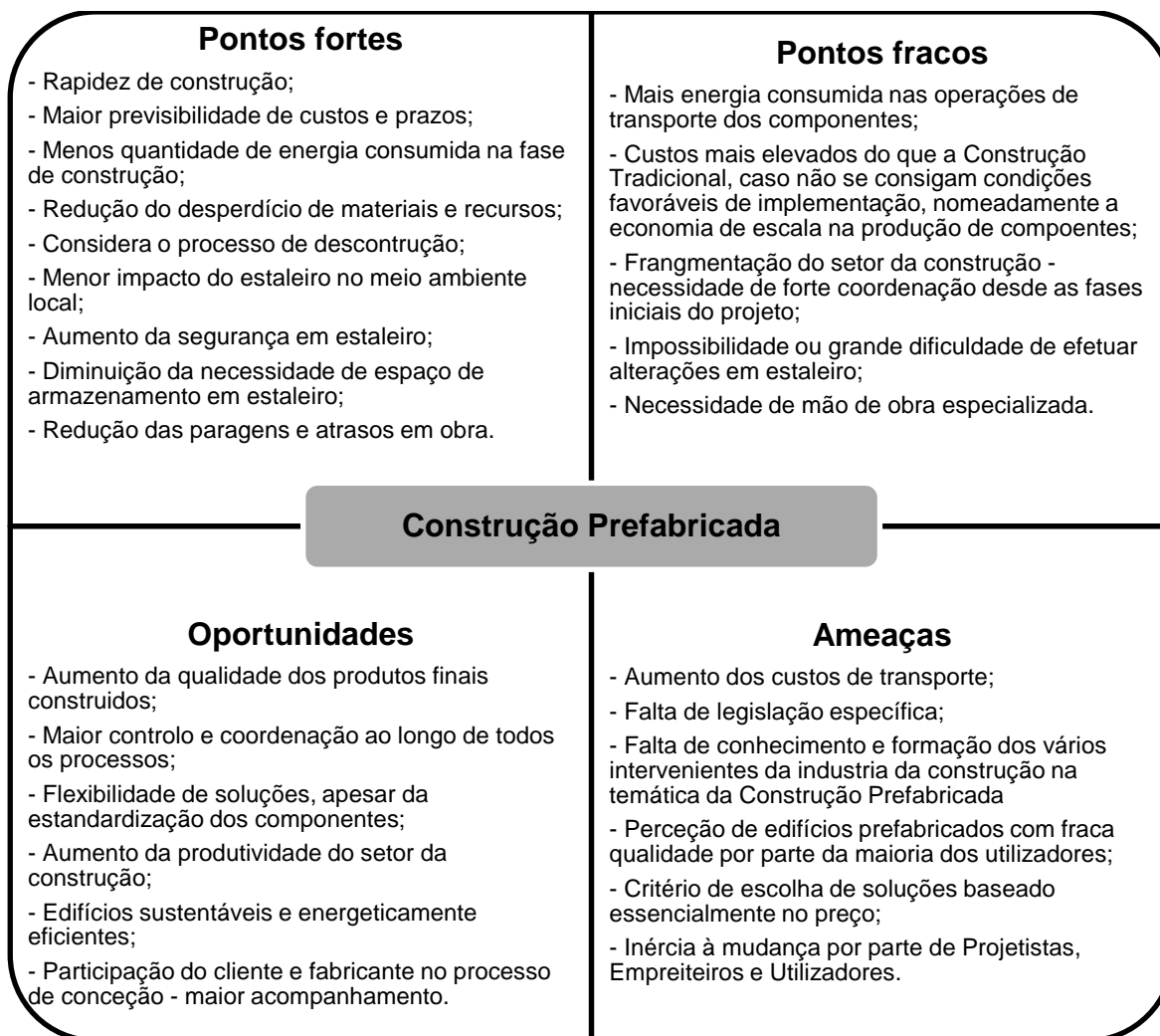


Fig. 50 – Análise SWOT da Construção Prefabricada

É de salientar que as comparações apresentadas ao longo deste capítulo resultam de estudos efetuados noutros países, e que dependem, portanto, da situação socioeconómica e organizacional da indústria da construção desses próprios países. Tal como foi possível verificar no Capítulo 3 deste relatório, cada um tem a sua indústria da construção organizada e estruturada de uma determinada maneira, da mesma forma que os materiais e as técnicas construtivas variam de local para local. Posto isto, é necessário entender que os resultados apresentados demonstram apenas que a Prefabricação tem efetivamente fatores positivos e pode, no contexto adequado, ser implementada com bastantes vantagens para os vários intervenientes no processo construtivo.

5

GUIA PRÁTICO PARA DONOS DE OBRA, PROJETISTAS E EMPREITEIROS

Com base na informação recolhida até aqui e noutra que eventualmente se revele necessária, neste capítulo é apresentado um guia prático de auxílio a Donos de Obra, Projetistas e Empreiteiros. São abordadas as questões a ponderar por parte de cada um destes intervenientes para suportar a tomada de decisão pela Construção Prefabricada, as vantagens e inconvenientes da mesma, as ações a realizar em cada fase e os riscos inerentes a estas técnicas construtivas. O objetivo é desenvolver fluxogramas e *checklists* práticas e funcionais, que sejam simples de consultar e que possam suportar a decisão de Donos de Obra, Projetistas e Empreiteiros e auxiliar ao longo do processo construtivo.

5.1 CONCEITOS E PROCESSOS GERAIS

5.1.1. ORGANIZAÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO POR INTERVENIENTES

No setor da construção, mais propriamente no desenvolvimento de qualquer empreendimento, podem distinguir-se cinco grandes intervenientes: Dono de Obra, Projetista, Fornecedor de materiais e componentes, Empreiteiro e Utilizador. De facto, pode verificar-se em muitas situações a “acumulação de funções”, por exemplo, uma empresa de construção que faz promoção imobiliária, funcionando assim como Dono de Obra e Empreiteiro. Este é apenas um exemplo, pois existem as mais variadas estratégias de negócio, que dependem e simultaneamente condicionam a estrutura organizacional das próprias empresas.

Apesar destas variantes acima mencionadas, este guia vai estruturar-se abordando cada um dos componentes separadamente. Torna-se mais claro e objetivo fazê-lo desta forma, referenciando em concreto os interesses, condicionantes, precauções, tarefas e riscos decorrentes da utilização da Construção Prefabricada para cada um deles. Apenas não será abordada de forma mais concreta e aprofundada a área do fabrico dos componentes, por implicar diversos processos organizacionais e produtivos de fábrica que são igualmente bastante importantes para o sucesso da Construção Prefabricada mas que são demasiado extensos para incluir neste estudo.

5.1.2. MODELOS DE GESTÃO

Uma obra pode efetuar-se segundo vários modelos de gestão. Num extremo situam-se os empreendimentos em que o Dono de Obra apenas intervém na elaboração do programa preliminar e logo após essa fase procede-se à consulta e contratação de um Empreiteiro que assegura a execução de todas as etapas seguintes – este modelo designa-se por Chave na Mão. No extremo oposto encontra-se

a situação em que o Dono de Obra e a Equipa de Projeto se encarregam de todas as fases do empreendimento até à sua construção, que é efetuada pelo Empreiteiro – este modelo designa-se por Administração Direta. Na Figura 51 são apresentados os vários modelos de gestão e pode perceber-se a variação do grau de envolvimento dos vários intervenientes.

Tipos de encomendas	Promoção	Projeto			Preparação	Execução
	Programa preliminar	Programa Base	Estudo Prévio e Anteprojeto	Projeto de Execução	da Construção	
Chave na mão	D.O. Empreiteiro					
Conceção-construção alargada	D.O. + Projetistas Empreiteiro					
Conceção construção mínima	D.O. + Projetistas				Empreiteiro	
Tradicional	D.O. + Projetistas				Empreiteiro	
Administração Direta	D.O. + Projetistas Empreiteiro					
<div>●</div> Consulta e contratação – <i>procurement</i>						

Fig. 51 – Modelos de Gestão [28]

É de conhecimento geral que o setor da construção se caracteriza pela variedade de intervenientes e de relações que são estabelecidas em cada empreendimento. Em todas as fases é necessário fazer a gestão da comunicação entre os respetivos intervenientes, bem como saber receber a informação das etapas anteriores e transmiti-la de forma adequada para os participantes das etapas seguintes.

O setor da construção tem inerentes várias ineficiências que se relacionam com a própria fragmentação do setor e a transição entre as várias fases do processo construtivo (Fig. 52). Estas questões podem englobar, por exemplo, desperdício de tempo ou acumulação de erros e implicam custos elevados para todos os intervenientes. [29]

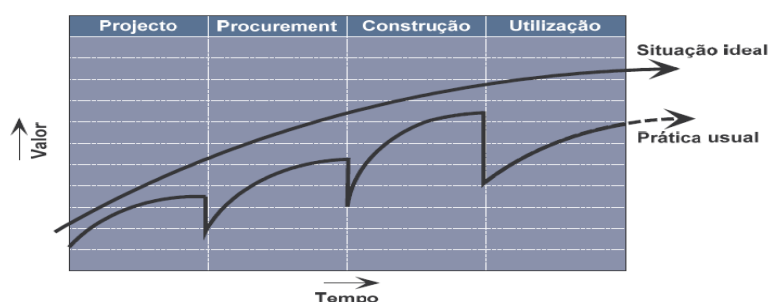


Fig. 52 – Perda de valor na fragmentação do processo construtivo [28]

Tendo em conta esta questão e a experiência de empresas do ramo da Construção Prefabricada, tanto em Portugal como no estrangeiro, referidas neste relatório, o modelo de gestão que se apresenta mais adequado será o que mais se aproximar do modelo Chave na Mão. Dada a necessidade de uma forte comunicação e colaboração entre os vários intervenientes que a Construção Prefabricada requer, torna-se mais exequível se for apenas uma empresa a encarregar-se de gestão de todos os processos e subempreitadas do empreendimento.

O modelo Chave na Mão implica a integração de todas as fases de desenvolvimento, sob a coordenação de uma entidade, que assegura a gestão de todo o processo desde as fases iniciais de viabilidade e planeamento, passando pela construção e abrangendo ainda as fases de assistência técnica e utilização. Este processo implica uma forte dinâmica de comunicação, análise de riscos constante e uma estratégia bem delineada desde o início. Com este modelo de gestão podem conseguir-se diminuir alguns dos riscos decorrentes das transmissões de informação e coordenação entre intervenientes, mas também racionalizar recursos e uniformizar todo o processo de desenvolvimento. Apesar das vantagens, é necessário referir alguns dos riscos, como o menor controlo do cliente sobre o projeto, a possibilidade de falência da entidade gestora do projeto ou a menor sensibilização relativamente a algumas particularidades apontadas pelo cliente. [2]

Outra das variantes que as empresas podem apresentar é a “venda por catálogo” e, desta forma, oferecer aos clientes a possibilidade de fazerem a sua escolha entre vários modelos preconcebidos. Dependendo da possibilidade e do grau de alterações passíveis de efetuar pelo cliente, os custos vão ser mais ou menos elevados. Esta determinação mais concreta do empreendimento numa fase inicial do processo pode oferecer a vantagem de se obter uma estimativa aproximada, de forma praticamente imediata, da conceção arquitetónica, dos custos e dos prazos do projeto a desenvolver. É se referir que esse modelo implica uma parceria prévia com um ou mais fabricantes, com a vantagem de não ser necessária uma etapa de *procurement* no início de cada empreendimento.

5.1.3. PLANEAMENTO

O processo construtivo pode dividir-se em seis grandes fases [28]:

- Promoção, viabilidade e planeamento;
- Conceção, estudos e projetos;
- Indústrias, materiais e componentes;
- Construção;
- Utilização e manutenção.

Para além destas etapas, se for tido em conta todo o ciclo de vida do empreendimento, há que considerar também a fase de desconstrução. Nesta fase, a Construção Prefabricada também assume um papel importante pois permite a utilização de elementos e materiais inovadores e recicláveis, o que promove a desconstrução, diminuindo o impacto ambiental e social da própria construção.

Em termos de planeamento e de duração das várias fases, verifica-se uma variação consoante a metodologia construtiva aplicada. Com o aumento da produção em fábrica, a duração do tempo de trabalho em estaleiro diminui. No entanto, a quantidade de trabalho necessária antes da construção intensifica-se. Portanto, a fase pré-construção torna-se significativamente mais importante.

A Figura 53 mostra uma comparação entre diferentes formas de construção. A duração das várias fases do processo não é fixa e pode variar consoante o projeto ou o contexto em que este é desenvolvido. No entanto, a imagem é bastante ilustrativa das diferenças de faseamento entre as várias metodologias construtivas.

Relativamente ao planeamento, é necessário ter em conta alguns fatores importantes quando se opta pela Construção Prefabricada. O esquema apresentado na Figura 54 é um resumo das vantagens, fatores a ter em atenção e possíveis resultados negativos, caso as questões essenciais não sejam abordadas da forma mais adequada, e pode funcionar como auxílio aos vários intervenientes.



Fig. 54 – Esquema resumo das vantagens, medidas a tomar e riscos da Construção Prefabricada relativamente ao planeamento

5.1.4. CUSTOS

A questão dos custos é geralmente considerada uma das mais importantes na altura de ponderar a metodologia construtiva. Apesar de não ser o mais sensato, o que é certo é que, na maioria das vezes, o custo é o fator mais importante e decisivo nesta escolha.

Para que se faça uma análise adequada, é necessário considerar o custo de ciclo de vida do edifício. Ou seja, devem ponderar-se não só os custos de construção mas também de manutenção. Para isso, tem de saber-se à partida que tipo de componentes estarão incluídos no edifício e quais os seus custos de manutenção. Outra questão complementar, que não está ligada apenas à Prefabricação, relaciona-se com a eficiência energética do edifício e custos associados. Por vezes, as soluções com custos iniciais menores podem implicar custos maiores ao longo de todo o ciclo de vida. Fazendo o balanço final, por vezes acabam por se revelar menos vantajosas para o utilizador do que outras com custos iniciais maiores. A Construção Prefabricada tem vantagens em termos de sustentabilidade, deve por isso considerar-se este fator.

Analisando especificamente os custos associados ao processo construtivo, é necessário atender às várias etapas, desde o fabrico, transporte, projeto ou construção. Os custos e a sua distribuição variam de acordo com o método construtivo. Quanto maior o grau de Prefabricação, maiores os custos associados aos trabalhos fora do estaleiro. Caso as técnicas ainda não estejam muito implementadas, isto pode significar um aumento do custo global do projeto. Na situação atual do mercado em Portugal, a Construção Prefabricada na maioria das vezes tem custos mais elevados do que os métodos tradicionais, por ainda não estar largamente implementada. Outro fator a ter em conta é a própria distribuição dos custos. Quanto maior o grau de Prefabricação, maior o investimento nas fases iniciais do desenvolvimento. É necessário ter este aspeto em conta para questões de orçamentação e financiamento.

A Construção Prefabricada, apesar de ter potencial para reduzir custos em todas as etapas do processo, necessita que se atinja uma dada economia de escala para que tal aconteça. Poupanças relacionadas com materiais ou mão-de-obra, por exemplo, só se conseguem se se atingir um volume significativo de produção.

A Construção Modular, de todas as técnicas abordadas, é a que envolve maior grau de Prefabricação e, por isso, maiores custos de trabalho fora do estaleiro. Poderá tornar-se mais competitiva se estes custos diminuírem, como consequência, por exemplo, da consolidação e expansão do mercado.

Os custos mais elevados nem sempre são um fator de exclusão. No caso da promoção imobiliária ou dos edifícios comerciais, por exemplo, o aumento de custos pode ser compensado com a redução de prazos. Um período de construção mais curto possibilita que o edifício entre em funcionamento mais cedo, com os consequentes benefícios financeiros para os Donos de Obra/Promotores.

5.1.5. CONSULTA E CONTRATAÇÃO DO FABRICANTE

Quanto maior o grau de trabalho fora do estaleiro, mais importante é ter o Fabricante envolvido desde as fases iniciais do projeto. A escolha do mesmo pode ser um processo iterativo, que inicialmente envolve discussões com um certo número de potenciais Fabricantes, antes de ser tomada a decisão final. Estes devem confirmar que o conceito é adequado ao seu processo de produção e aos detalhes padrão. Podem trabalhar com a Equipa de Projeto para produzir um projeto detalhado que pode ser fabricado de forma eficiente. [8]

Quadro 9 – Consulta e contratação do Fabricante [8]



Consulta e contratação do Fabricante
A equipa de desenvolvimento do projeto deve estar ciente de quaisquer restrições de planeamento e trabalho dos Fabricantes e da informação requerida pelos mesmos. São apresentadas abaixo algumas das questões a colocar.
Foram entendidas todas as restrições e benefícios das técnicas de Prefabricação utilizadas?
O Fabricante dos componentes tem um guia de componentes e elementos?
Foram obtidos os detalhes de projeto dos Fabricantes?
Há alguns requisitos estruturais que possam precisar de considerações?
O que está e não está incluído no sistema? Por exemplo, revestimentos, instalações, janelas.
O projeto é otimizado em termos de eficiência e custo?
Qual a <i>timescale</i> de que o sistema construtivo utilizado precisa para projeto e fabrico, antes da entrega?
Qual a data de fixação do projeto?
A especificação promove a eficiência do fabricante?
É necessário que haja grande variedade de estilos, <i>layouts</i> e cores?
Quando é elaborado o contrato com o Fabricante é importante estar de acordo nos aspetos mencionados a seguir.
Data para a fixação do projeto
<i>Timetable</i> para entrega das unidades
Período de notificação requerido pelo Fabricante para verificar se as tolerâncias em estaleiro estão dentro dos limites
Penalizações por atrasos na entrega
Penalizações por atrasos impostos ao Fabricante (por exemplo, se os trabalhos em estaleiro estão atrasados e não é possível receber o fornecimento de componentes no prazo estabelecido)
Tolerâncias e parâmetros de produção das unidades (um protótipo poderá ser a melhor forma de acordar este aspeto de forma a evitar conflitos)
Processo formal de verificação das unidades antes de aceitar a entrega das mesmas
Período de responsabilidade por defeitos latentes
Responsabilidades em termos de projeto detalhado
Responsabilidades nas interfaces entre fábrica e estaleiro
Grau da responsabilidade do Fabricante em estaleiro durante a montagem dos componentes e exigências/condições durante esse período
Tipo de contrato – disponibilidade do fabricante para trabalhar “em risco” e expectativas de pagamento por esse mesmo trabalho desenvolvido antes da assinatura de um contrato formal

5.1.6. RESPONSABILIDADES

A definição de responsabilidades é extremamente importante no desenvolvimento de um projeto. É fundamental que no início de cada interação seja acordado o modo de coordenação entre os vários intervenientes e quais as respetivas responsabilidades em cada fase e tarefa. Deste modo, poderão evitar-se atrasos ou paragens por conflitos ou falta de meios, equipamentos e equipas de trabalho.

O Quadro 10 é um exemplo de quadro de definição de funções e responsabilidades da Equipa de Projeto, Empreiteiro e Fabricante ao longo de algumas etapas do processo de desenvolvimento.

Quadro 10 – Funções e responsabilidades [8]

Funções e responsabilidades				
Processo	Arquiteto	Engenheiro	Empreiteiro	Fabricante
Projeto				
Especificação de acabamentos interiores e exteriores	✓	-	-	✓
Especificação de detalhes	■	✓	-	✓
Cargas	■	✓	-	✓
Coordenação da estrutura e serviços	✓	✓	■	✓
Coordenação das dimensões em alçado	✓	■	■	■
Dimensões gerais	✓	■	✓	✓
Construção/Montagem				
Requisitos para elevação e montagem	-	■	■	✓
Requisitos e mecanismos de transporte	-	-	■	✓
Interfaces de fundações	■	✓	✓	✓
Interfaces de revestimento	✓	■	■	✓
Segurança contra incêndios	✓	■	■	✓
Ligações externas de instalações	✓	-	✓	■
Requisitos de manutenção	✓	-	■	✓
Requisitos para escoramentos temporários	-	✓	✓	✓
Planemanto/regulamentos				
Questões de planeamento	✓	-	-	-
Requisitos regulamentares	✓	✓	-	✓
Especificações de desempenho	✓	✓	■	✓
Regulamentos de construção, projeto e gestão	✓	✓	✓	✓
Verificação da conformidade de requisitos de desempenho	■	■	✓	✓
Monitorização da qualidade de produção	✓	■	■	✓
<div>  Função  De interesse </div>				

5.1.7. ENQUADRAMENTO LEGAL





















Uma das perguntas frequentes, nomeadamente nas páginas da internet das empresas ou em fóruns do tema, é se as construções prefabricadas necessitam de licenciamento. Esta questão denota o carácter “móvel” atribuído pela população em geral a este tipo de construção, já abordado neste relatório.

É de salientar que, no caso da Construção Prefabricada, apenas o método construtivo difere do tradicional, sendo que o sistema construtivo está sujeito, em geral, às mesmas regras exigenciais de desempenho e de licenciamento que qualquer outro edifício construído pelos métodos tradicionais. Posto isto, é necessário respeitar os regulamentos técnicos e as classificações dos espaços e terrenos definidos no Plano Diretor Municipal de cada autarquia.

5.1.8. ANÁLISE E GESTÃO DO RISCO

Antes de tomar a decisão de que tipo de tecnologia construtiva utilizar, é importante fazer uma análise de risco comparativa entre as várias opções. Importa conhecer bem com que tipo de riscos se poderá lidar em cada fase do projeto. Nos Quadros 11, 12 e 13 são referidos alguns exemplos de riscos a considerar em cada fase – antes, durante e depois da construção – e é feita a comparação entre as várias técnicas construtivas – Construção Tradicional, Construção com Painéis Prefabricados, Construção Mista e Construção Modular.













Quadro 11 – Principais riscos e respetiva gestão nas etapas anteriores à construção [10]

Análise comparativa dos riscos das metodologias construtivas – Etapas anteriores à construção						
Etapa	Descrição do risco	Tradicional	Painéis	Mista	Modular	Mitigação
						 Risco elevado  Risco médio  Risco baixo
Planeamento	Decisões de planeamento imprevisíveis					- Coordenação extensiva desde as fases iniciais do desenvolvimento do projeto - Formação aos vários intervenientes no projeto e planeamento sobre os vários métodos construtivos - Códigos de comunicação de projeto
Pré-construção	Perda de capacidade de produção da fábrica					- Gestão eficaz da cadeia de fornecimento para estabilizar o fluxo de trabalho para a fábrica - Fabricante estabelece horas extra de trabalho ou inicia um turno complementar
	Contratação tardia do Empreiteiro/Fabricante					- Desenvolvimento eficiente de processos de <i>procurement</i> - Relações de trabalho de longo prazo com Empreiteiros
	O projeto não se adapta ao método construtivo					- Equipa de montagem experiente e competente envolvida desde início no processo - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento
	Falta de standardização					- Utilizar dimensões <i>standard</i> - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento












Pormenorização do projeto e informações para produção	Alterações ao projeto depois de comunicado ao Fabricante					<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento desde cedo do Fabricante no processo - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento
---	--	---	---	---	---	---

Quadro 12 - Principais riscos e respetiva gestão na fase de construção [10]

Análise comparativa dos riscos das metodologias construtivas – Fase de construção						
Descrição do risco	Tradicional	Paineis	Mista	Modular	Mitigação	 Risco elevado  Risco médio  Risco baixo
Fundações imprecisas ou inadequadas					<ul style="list-style-type: none"> - Pré-inspeção por parte do Fabricante - Formação do Empreiteiro e eventual Subempreiteiro responsável pela escavação e fundações - Melhor gestão em estaleiro 	
Fabricantes falham o prazo de entrega dos elementos					<ul style="list-style-type: none"> - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento - Identificação antecipada dos elementos ou componentes que requerem mais tempo de projeto e produção, de forma a assegurar os recursos necessários - Processos eficazes de controlo e gestão em estaleiro 	
Fabricantes entregam os componentes errados					<ul style="list-style-type: none"> - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento - Processos eficazes de controlo e gestão em estaleiro - Estandardização 	
Insolvência do fabricante					<ul style="list-style-type: none"> - Estandardização - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento - Selecionar Fabricantes experientes e qualificados - Processos edificantes de <i>procurement</i> 	
Danos em conjuntos prefabricados principais ou componentes importantes					<ul style="list-style-type: none"> - Bom planeamento das rotas de fornecimento e escolha de empresas de transporte experientes - Formação das equipas de trabalho de estaleiro - Segurança em estaleiro - Evitar o armazenamento de componentes em estaleiro, se possível 	
Incompatibilidades entre os componentes prefabricados e os tradicionais					<ul style="list-style-type: none"> - Formação da Equipa de Projeto - Fabricantes experientes com bons recursos de projeto - Estandardização - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento 	
Problemas com a qualidade dos produtos					<ul style="list-style-type: none"> - Selecionar fabricantes experientes e qualificados - Verificar os Sistemas de Gestão da Qualidade dos Fabricantes - Inspeção em fábrica por terceiros - Especificações de qualidade ajustadas a cada projeto 	
Flutuações de preço durante a fase de construção					<ul style="list-style-type: none"> - Parcerias e abordagens transparentes - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento 	
Atrasos devido às condições climáticas					<ul style="list-style-type: none"> - Formação e sensibilização das equipas de trabalho em estaleiro - Planos de contingência para os possíveis atrasos - Mecanismos de armazenamento alternativos em estaleiro 	

Falta de competências comerciais essenciais					<ul style="list-style-type: none"> - Programa de partilha e troca de competências e habilidades com os parceiros Construtores - Relações de longo prazo com Fornecedores aprovados - Alterações ao processo e às especificações para reduzir a dependência de competências comerciais escassas
Falhas na instalação de serviços					<ul style="list-style-type: none"> - Comunicação clara das necessidades do projeto e das estratégias construtivas durante a fase de planeamento - Formação dos trabalhadores ou utilização das equipas de montagem do Fabricante - Revisão do controlo de qualidade durante a fase de montagem em estaleiro
Riscos de segurança e saúde					<ul style="list-style-type: none"> - Boa gestão da obra e estaleiro, formação e educação operacional - Programas de formação e consciencialização sobre as mudanças nas práticas de trabalho - Continuidade no relacionamento com fornecedores

Quadro 13 - Principais riscos e respetiva gestão nas fases posteriores à construção [10]

Análise comparativa dos riscos das metodologias construtivas – Etapas posteriores à construção					
Descrição do risco	Tradicional	Paneis	Mista	Modular	 Risco elevado  Risco médio  Risco baixo
A construção concluída não corresponde às especificações					<ul style="list-style-type: none"> - Boa coordenação e integração dos projetos - Comunicação eficaz ao longo da cadeia de fornecimento - Programas de formação e consciencialização sobre as mudanças nas práticas de trabalho
Defeitos na entrega ou durante o período de garantia					<ul style="list-style-type: none"> - Boa gestão da obra e do projeto - Continuidade no relacionamento com Fornecedores - Programas de formação e consciencialização sobre as mudanças nas práticas de trabalho

Por análise dos quadros apresentados, pode perceber-se a tendência de agravamento dos riscos à medida que se desenvolve o projeto, na Construção Tradicional, e a evolução oposta na Construção Modular. Isto é, os riscos das fases que antecedem a construção são mais elevados na Construção Modular e vão decrescendo de grau de intensidade à medida que o projeto se desenvolve. Quanto maior o grau de Prefabricação, maior a atenção e cuidado nos aspetos a desenvolver nas fases iniciais do projeto.

5.1.9. PRODUTIVIDADE

Nos dias de hoje, no ambiente de empresas industriais, o processo produtivo constitui um fator essencial para o ambiente de competitividade, o decréscimo por ciclo e a rapidez de colocação no mercado, tendo o papel desempenhado pela aprendizagem uma importância fundamental. A produção em fábrica tem subjacente uma grande repetição, potenciando a aprendizagem, que leva a uma maior rapidez e economia. A industrialização e a repetição não significam apenas standardização, significam também a possibilidade de evitar erros ou experiências negativas. A standardização

constitui um conceito importante no âmbito da Prefabricação, tendo em conta que a produção em série e consequente redução do trabalho por unidade produzida dão origem a um processo industrializado com elevados níveis de produtividade. [1]

Este conceito aplica-se tanto ao processo de produção em fábrica como a qualquer outro processo construtivo. A repetição de tarefas de construção e montagem leva ao melhoramento de processos e a um consequente aumento da produtividade e qualidade. A Prefabricação, dadas as suas características de repetição de tarefas, tem a beneficiar se todos os intervenientes no processo construtivo tirarem partido do Efeito de Aprendizagem para melhorar e otimizar os benefícios deste sistema.

O Efeito de Aprendizagem [1]

A execução consecutiva e sucessiva de uma dada tarefa nas mesmas condições leva à diminuição do seu tempo de execução e número de repetições, até determinada altura. Em muitas atividades de construção com características idênticas e repetitivas, verifica-se este fenómeno, designado por Efeito de Experiência ou Aprendizagem.

Representando num gráfico de tempo o custo ou número de horas-homem de execução de cada unidade repetitiva, obtém-se a designada Curva de Aprendizagem (Fig. 55). Esta representação tem subjacente um decréscimo dos parâmetros referidos à medida que as tarefas se vão repetindo, consoante a taxa de aprendizagem previsível. Quanto maior a taxa de aprendizagem de uma determinada tarefa, menor será o acréscimo de produtividade nas repetições subsequentes. Ou seja, uma taxa de aprendizagem de 100% significa nenhum acréscimo de produtividade.

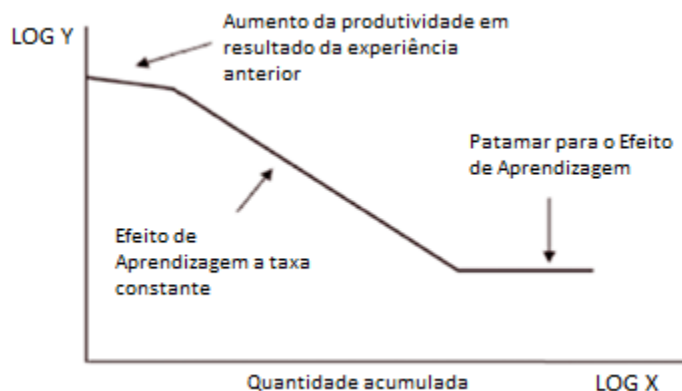


Fig. 55 - Curva de aprendizagem teórica com coordenadas logarítmicas

A curva de aprendizagem pode ser representada graficamente num sistema de eixos com coordenadas logarítmicas e pode dividir-se em três partes:

- Segmento inicial: pode considerar-se que a experiência anterior origina um modesto incremento de produtividade;
- Segmento intermédio: à medida de que os trabalhadores se familiarizam com os processos, materiais e envolvente, o declive da curva aumenta, representando um aumento de produtividade;

- Segmento final: a reta de declive nulo significa que já não existe possibilidade de melhoria adicional. Quando se atinge esta fase, só se consegue um aumento da produtividade introduzindo novos processos produtivos mais eficientes.

Esta avaliação não é propriamente fácil ou direta, tendo em conta que relaciona mutuamente vários fatores complexos – eficiência, organização, novos processos de produção, condições de repetição – no entanto, aplicando este conceito torna-se possível obter planos de trabalhos e custos mais detalhados e precisos (estimativas de redução de custos, rendimentos e tempos de execução), com consequentes vantagens.

É importante que as empresas de construção retirem o máximo partido do Efeito de Aprendizagem com o intuito de melhorarem a sua produtividade, fator chave no ambiente de competitividade atual. Os Fabricantes devem elaborar e desenvolver manuais com rotinas de projeto, de forma a auxiliar os Projetistas na elaboração e organização dos mesmos.

5.1.10. TRANSPORTE

As questões de transporte tornam-se essenciais quando se trata de elementos e componentes prefabricados, não só pelos custos inerentes como também pelas limitações de peso e dimensões impostas pelas condições de transporte.

No Quadro 14 constam as limitações de dimensões dos componentes, consoante o tipo de transporte, em vigor em Portugal. Quanto maiores os componentes, mais meios terão de ser mobilizados para efetuar o transporte e, consequentemente, mais custos implicará esse mesmo processo.

Quadro 14 - Tipos de transporte e respetivos limites [5]

Tipo de transporte	Comprimento do elemento [m]	Largura do elemento [m]	Altura total [m]	Peso do elemento [ton]
Normal	Dentro dos limites do veículo – 13.50	Dentro dos limites do veículo – 2.50	4.00	25
Licença anual	25.0	3.00	4.60	30
Carro piloto	32.5	4.50	5.00	45
Carro piloto e GNR	>32.5	>4.50	>5.00	>45

É importante considerar as dimensões, o peso dos componentes, a distância a percorrer e o percurso, visto que estes fatores vão ter influência no preço e no próprio planeamento da obra. Para além disso, a localização do local de implantação do edifício deve ser tida em conta por questões de acesso dos meios de transporte e equipamentos de maiores dimensões. O dimensionamento estrutural dos componentes também é influenciado, tendo em conta que, para além das cargas aplicadas à estrutura nas condições normais de serviço, é necessária capacidade suplementar para resistir a vibrações decorrentes do transporte, ventos, manuseamento e processos de elevação e montagem. Para além da capacidade estrutural acrescida, é necessário também ter em conta o grau de acabamento dos componentes em fábrica, de modo a compatibilizá-lo com as condições em que serão posteriormente manuseados e transportados.

Resumindo, o transporte é uma questão essencial na Construção Prefabricada e deve ser considerado, desde o início, em todas as fases do processo construtivo.

5.1.11. TECNOLOGIAS INFORMÁTICAS

Os avanços tecnológicos possibilitam nos dias de hoje a utilização de diversas ferramentas e funcionalidades que, se aproveitadas da melhor forma, contribuem para aumentar a qualidade e eficiência do setor da construção. As tecnologias CAD, por exemplo, permitem aos Projetistas comunicar de forma mais eficaz com o cliente, através de representações tridimensionais do projeto.

A Construção Prefabricada tem inerente a necessidade de grande interação e coordenação entre os vários intervenientes no processo construtivo. Desde as fases iniciais do projeto, até à construção, é necessário, para que não haja problemas de planeamento e incompatibilidades, que se aposte numa forte comunicação e coordenação entre as partes. Estes processos podem ser facilitados por ferramentas informáticas como o *Building Information Modeling* (BIM).

Tecnologias BIM na Construção Prefabricada [30]

Há uma forte correlação entre o BIM e a Construção Prefabricada, visto que a utilização apropriada desta tecnologia tornará possível o objetivo de ter disponíveis digitalmente todos as componentes individuais que fazem parte do edifício enquanto modelos BIM, que representam, tão rigorosamente quanto possível, a sua geometria, propriedades e comportamento.

O sucesso do BIM na Construção Prefabricada irá depender, em parte, da capacidade de capturar todos os dados importantes no modelo BIM e de os trocar de forma eficiente entre os vários participantes. O objetivo é integrar, de forma dinâmica, Arquitetos, Engenheiros, Fabricantes, equipamentos, códigos, ferramentas de análise, construção. Utilizando informação estandardizada para cada tarefa, que contém todos os dados relevantes, pode conseguir-se um melhor planeamento, conceção, construção, operação e processo de manutenção, o que irá facilitar a utilização durante todo o ciclo de vida do empreendimento.

Os modelos para Construção Prefabricada podem ser customizados para diferentes materiais, tipos de edifícios, métodos construtivos, sendo possível a adaptação a diferentes locais e conceções. Devem incluir todas as informações necessárias para a análise de custos, estrutura, desempenho energético e montagem. Isto trará várias oportunidades, tanto para Prefabricação Total como Parcial, que irão ajudar a reduzir drasticamente o tempo de construção e a trazer métodos construtivos mais eficientes e rentáveis do que os mais convencionais.

O processo pode dividir-se nas seguintes fases:

- Descrição do empreendimento e desenvolvimento do conceito;
- Desenvolvimento do projeto;
- Pré-montagem e fabrico;
- Construção/montagem.

Cada uma destas fases pode dividir-se em subprocessos. Para cada uma destas etapas, o modelo BIM necessita de ser desenvolvido e especificado de acordo com os processos estandardizados.

A troca de informação entre estas tarefas e subprocessos é conseguida através de modelos que definem o conteúdo funcional a partilhar – por exemplo, qual a geometria a utilizar para edição, coordenação

espacial, detecção de conflitos, avaliação visual – ou que processos de montagem precisam de ser explicitamente indicados, adicionalmente às peças que os constituem.

A Figura 56 constitui um exemplo geral de um processo BIM que pode ser utilizado na Construção Prefabricada.

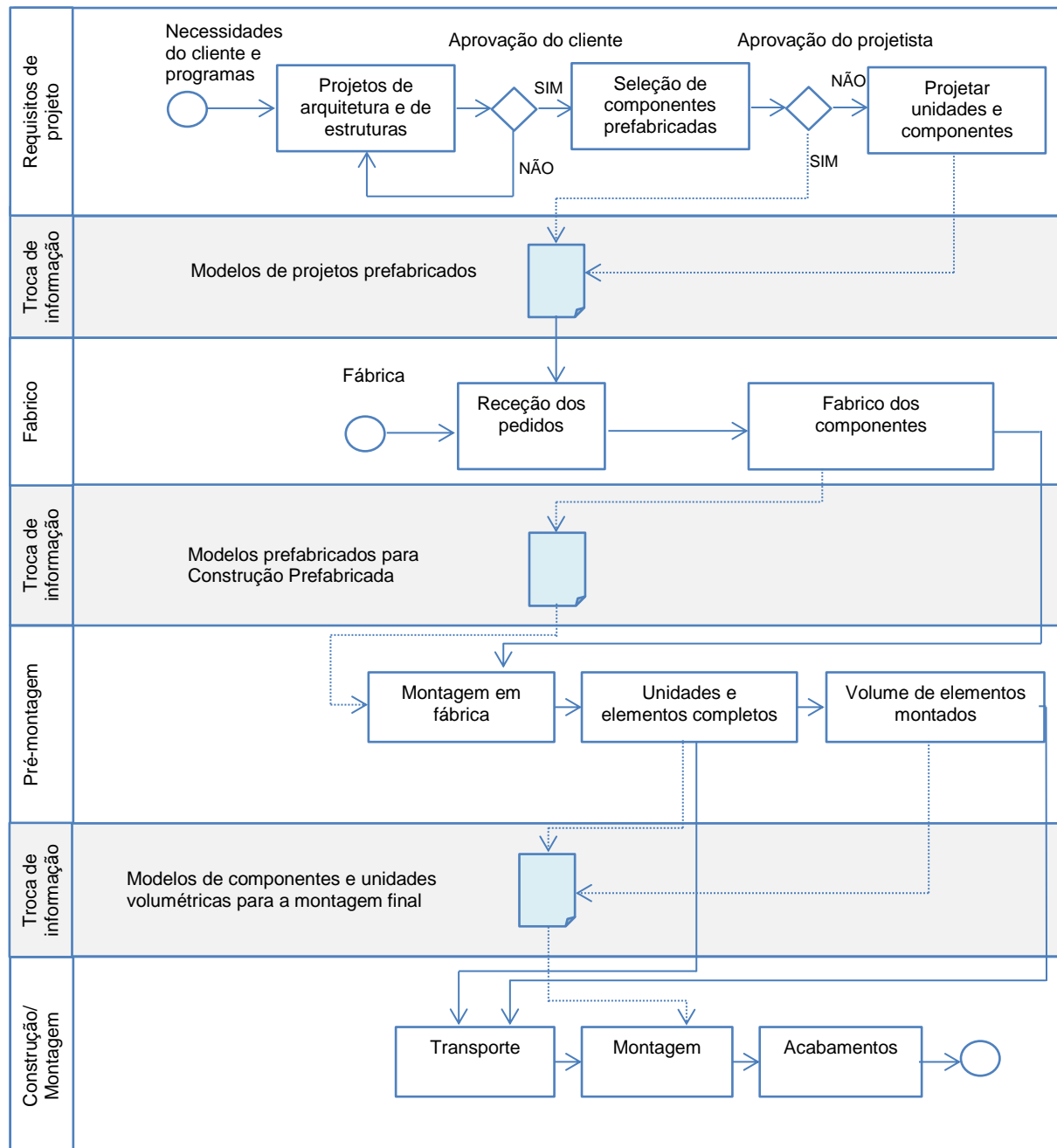


Fig. 56 – Processo BIM generalizado para a Construção Prefabricada

As tecnologias BIM na Construção Prefabricada facilitam a troca de informação confiável entre os participantes no projeto, aumentam a qualidade da informação e tornam as tomadas de decisão mais eficazes, constituindo um conceito poderoso capaz de catalisar mudanças substanciais e progressos na

indústria da construção, proporcionando edifícios de alta qualidade, sustentáveis, concebidos de forma imaginativa e acessíveis em termos de preço.

5.1.12. COLABORAÇÃO E COORDENAÇÃO

Comparada com a Construção Tradicional, uma das maiores condicionantes da Construção Prefabricada é a dificuldade ou até impossibilidade de fazer alterações em estaleiro. Para fazer face a esta limitação, os Fabricantes, Projetistas e Empreiteiros devem colaborar no sentido de envolver o cliente desde as fases iniciais do projeto. Deve haver desde início uma colaboração estreita entre os vários participantes no processo, contribuindo desta forma para um incremento da qualidade do produto.

Fabricantes e empreiteiros devem também trabalhar em conjunto para aumentar a eficiência dos sistemas de fornecimento de materiais e satisfazer mais opções de *design* nos empreendimentos construídos com recurso à Prefabricação.

5.1.13. CONTROLO DE QUALIDADE

É importante, para o sucesso das técnicas de Prefabricação, apostar na qualidade dos produtos. Pela experiência alemã, por exemplo, pode concluir-se que esta aposta foi um dos motores que impulsionou o desenvolvimento da Construção Prefabricada e a sua aceitação por parte de utilizadores e outros intervenientes do setor.

Devem desenvolver-se, tanto em projeto como nas fases de fabrico e construção, sistemas de controlo de qualidade e metodologias práticas e eficazes para os implementar. Desde *checklists* a organogramas de processos e verificações, as empresas devem adotar estruturas próprias e adaptadas às suas condições e processos. Nas fases de projeto é importante verificar a compatibilidade entre projetos de especialidades, a adaptação do conceito aos elementos prefabricados disponíveis no mercado ou a viabilidade das soluções. Na fase de construção, por sua vez, é fundamental verificar a conformidade dos componentes entregues em estaleiro, monitorizar processos de manuseamento e montagem e verificar ligações entre elementos. Garantindo a conformidade nestes aspetos, poderá conseguir-se um produto final com elevados requisitos de qualidade a nível de desempenho, durabilidade e custo do ciclo de vida.

5.2. METODOLOGIAS DE APOIO À DECISÃO E PROCESSOS DE ATUAÇÃO

A opção pela utilização de técnicas de Prefabricação num determinado empreendimento pode surgir de três formas: por parte do Dono de Obra, por sugestão da Equipa de Projeto, por parte do Empreiteiro. É de salientar, no entanto, que quanto mais tarde se opar pela Construção Prefabricada, mais implicações surgem a nível de alterações, prazos e custos. O ideal é incluir esta opção nas fases iniciais do projeto.

Os procedimentos apresentados neste subcapítulo estão organizados sob a forma de fluxogramas e divididos em duas partes: “Apóio à Decisão” e “Tarefas a realizar”. A primeira corresponde ao processo de análise da viabilidade da Construção Prefabricada e a segunda aos processos a desenvolver depois de se decidir utilizar a Prefabricação. Para cada um dos intervenientes – Dono de Obra, Projetista e Empreiteiro – é apresentado um processo que contém estas duas fases. No entanto, se o interveniente anterior optar pela prefabricação, a fase de “Apóio à decisão” fica sem efeito para os

seguintes. Exemplificando, se o Dono de Obra optar inicialmente pela Construção Prefabricada, o Projetista e o Empreiteiro terão apenas de seguir o respetivo processo na fase de “Tarefas a Realizar”. Para cada etapa do fluxograma são apresentadas tabelas do tipo *checklist* com os aspetos mais importantes a considerar.

É de salientar que os guias aqui apresentados são relativos apenas aos processos extraordinários que é necessário considerar quando se opta pela Prefabricação, ou se considera a hipótese de utilização da mesma para realização de uma determinada obra. As tarefas apresentadas são maioritariamente relacionadas com aspetos ligados a empreendimentos em que se utiliza Construção Prefabricada. Como se entende, é necessário considerar, para além destes, todas as questões habituais ligadas ao desenvolvimento de projetos.

5.2.1. DONO DE OBRA

A Figura 57 ilustra um procedimento padrão a seguir pelo Dono de Obra para, numa primeira fase, auxiliar o processo de decisão da metodologia construtiva a adotar, e posteriormente apoiar o desenvolvimento das tarefas subsequentes.

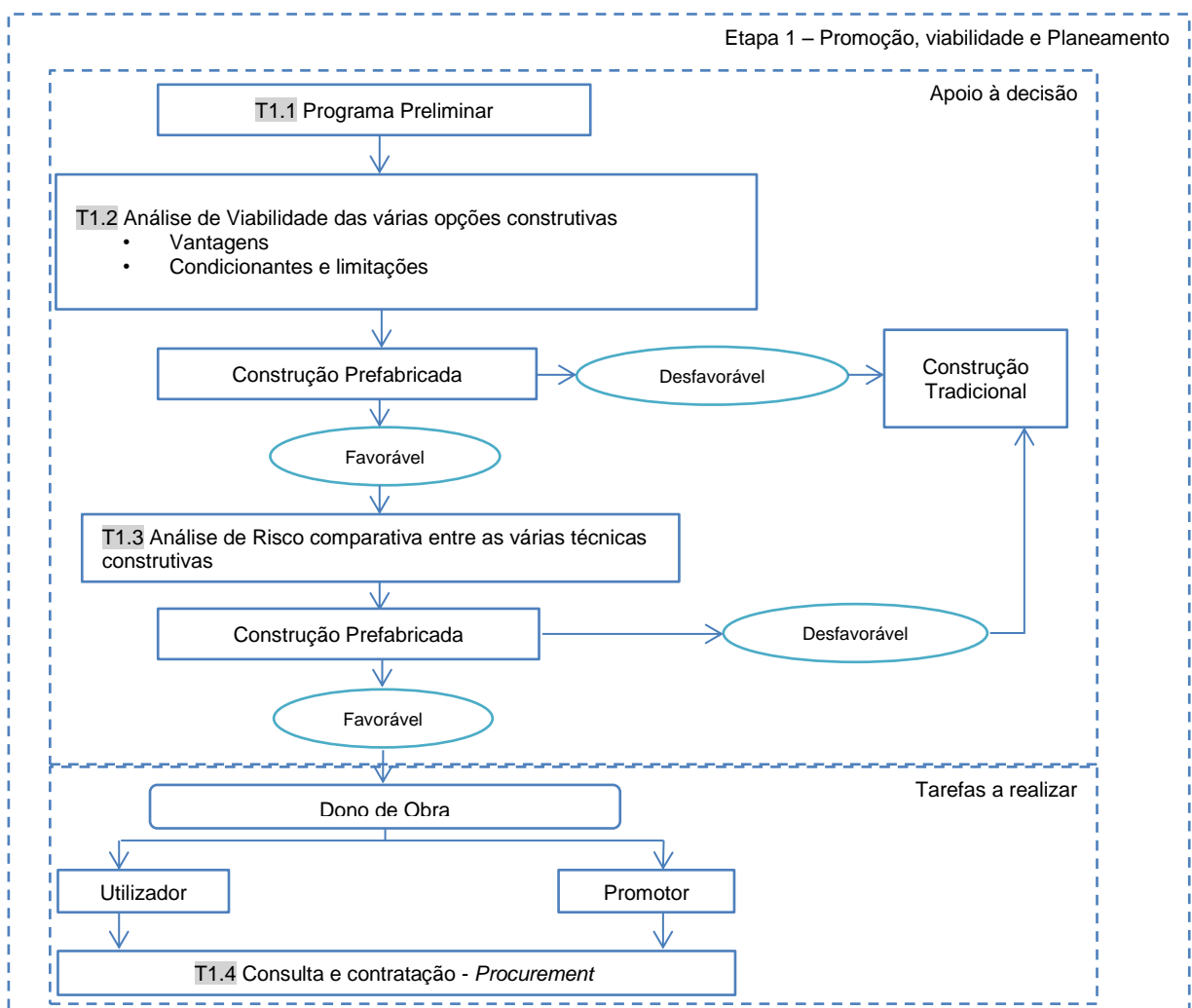


Fig. 57 – Procedimento padrão para Donos de Obra

O Programa Preliminar deve conter certos elementos que é necessário conhecer para que se possa dar início ao processo de decisão do método construtivo a adotar, tais como: prazos, orçamento, tipologia do empreendimento, uso a que se destina.

Com conhecimento destes aspetos o Dono de Obra estará em condições de ponderar qual a metodologia construtiva mais adequada. Para isso, faz-se uma análise de viabilidade das várias opções construtivas, ponderando vantagens, inconvenientes e condicionantes de cada uma delas.

Da mesma forma, devem também ser analisados os riscos inerentes a cada tipo de construção. Para ajudar nesta fase, poderá ser consultado o ponto 5.1.8 deste capítulo, onde são apresentados alguns dos principais riscos a considerar. Deve ser elaborada uma listagem extensiva, e feita posteriormente uma análise de risco de forma comparativa, de modo a obter qual a solução que oferece fatores de risco com maior grau de severidade ou com menores possibilidades de deteção, que deverá ser à partida excluída, e qual a solução que se demonstra mais favorável.

Caso se opte pela Construção Prefabricada, segue-se a etapa de consulta e contratação, em que devem ser tidos em conta aspetos relativos aos tipos de contrato, recursos apresentados pelas empresas, entre outros.

Em linhas gerais, estas são as principais ações a desenvolver pelo Dono de Obra nas fases iniciais do Projeto. As etapas seguintes deverão ser desenvolvidas tendo em conta a metodologia construtiva adotada. É apresentado no Anexo 1 o procedimento completo para o Dono de Obra, com respetivas tabelas auxiliares onde constam os principais parâmetros a considerar em cada etapa. Salienta-se ainda a sólida comunicação e forte coordenação que a Construção Prefabricada requer, para que não haja falhas que comprometam o sucesso do projeto. Cabe ao Dono de Obra assegurar também esses aspetos.

5.2.2. PROJETISTA

Caso o Dono de Obra não tenha posto a hipótese de utilizar Prefabricação, por desconhecimento ou por outras razões, a Equipa de Projeto pode optar por sugerir essa opção. Os procedimentos a efetuar estão descritos de forma geral na Figura 58.

Para que seja possível ponderar as opções construtivas, é necessário que a Equipa de Projeto tenha acesso a algumas informações essenciais, algumas delas provenientes da fase anterior desenvolvida pelo Dono de Obra, tais como prazos, orçamento disponível ou conceção arquitetónica do empreendimento.

À semelhança do que acontece com o Dono de Obra, também a Equipa de Projeto deve proceder à elaboração de uma listagem das principais vantagens e condicionantes da Construção Prefabricada, desta vez também sob o seu ponto de vista. Desta forma poderá analisar-se a viabilidade das soluções tendo em conta questões mais específicas também da fase de conceção e projeto. Posto isto, o processo de análise de risco é semelhante ao descrito para o Dono de Obra.

Depois de optar pela Construção Prefabricada, a Equipa de Projeto deve consultar o Dono de Obra para obter a aprovação da alteração da solução inicial. As mudanças poderão implicar novo *procurement* de Empreiteiros e Fabricantes ou custos adicionais com eventuais rescisões de contratos já efetuados. Para além disso podem implicar um aumento da fase anterior à construção. Todas estas questões, entre outras, devem ser abordadas nesta fase.

Se for obtida a aprovação, em relação à Construção Prefabricada, por parte do Dono de Obra, pode prosseguir-se para a fase elaboração dos projetos das várias especialidades. Nesta fase é necessário que o Coordenador ou Gestor de Projeto estabeleça uma forma de comunicação eficaz entre Projetistas e com o Fabricante. E aqui é que está a particularidade da Prefabricação – nesta fase, não é necessária apenas uma forte coordenação dentro da Equipa de Projeto, mas também com os Fabricantes. Os Projetistas devem numa primeira fase procurar saber quais as ofertas disponíveis no mercado para os vários componentes do edifício, perceber quais os sistemas utilizados pelos Fabricantes e, a partir daí, proceder à elaboração do Projeto, sempre com participação e colaboração do Fabricante. Desta forma, poder-se-á conseguir tornar o projeto rentável, em termos de tempo e dos próprios custos de produção.

O processo para os Projetistas encontra-se explicitado no Anexo 2.

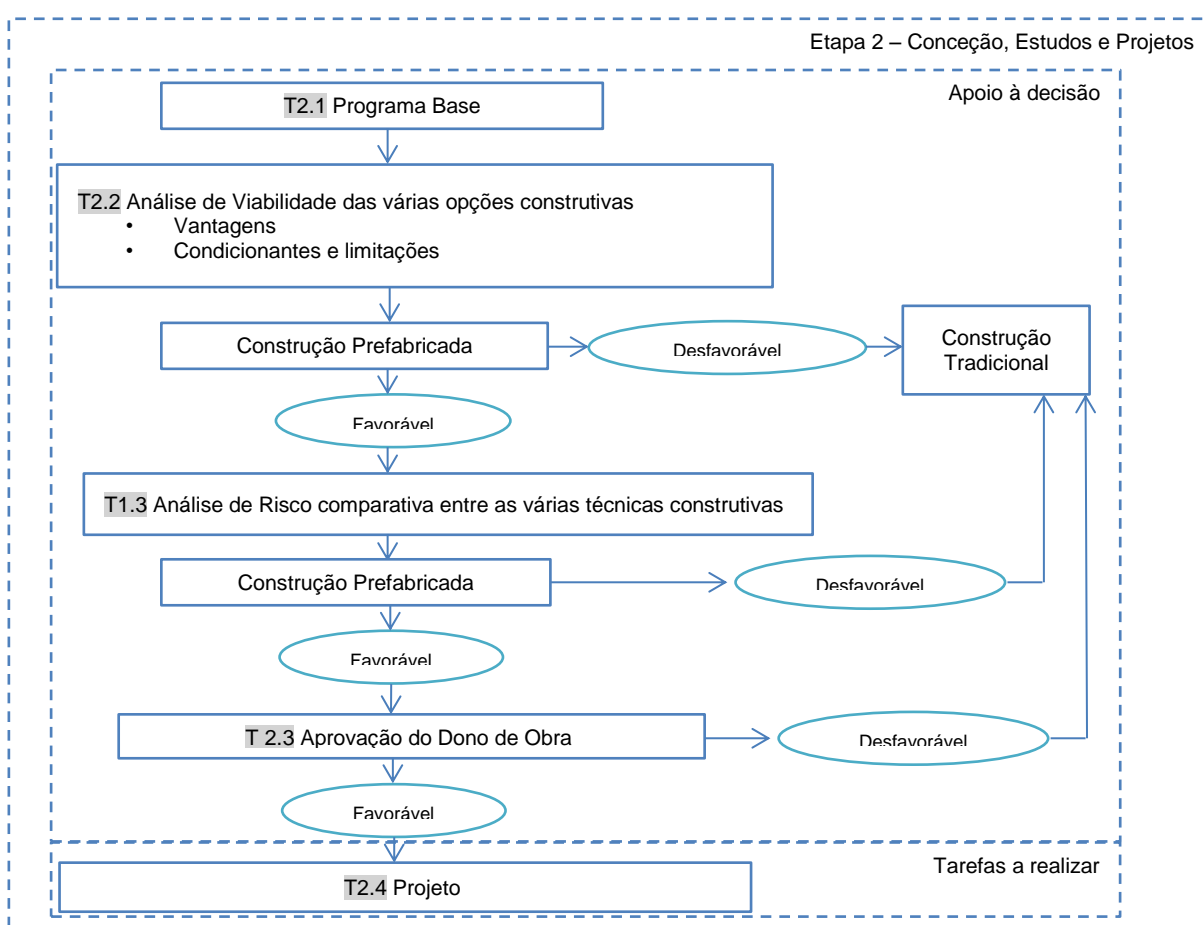


Fig. 58 - Procedimento padrão para Projetistas

5.2.3. EMPREITEIRO

A opção pela Construção Prefabricada pode surgir numa fase ainda mais avançada – por parte do Empreiteiro. Neste caso, deverão ser consideradas as etapas gerais do processo ilustrado na Figura 59.

Quando o Empreiteiro tem acesso ao projeto elaborado na fase anterior, deve tomar conhecimento de alguns aspetos para que possa ponderar soluções construtivas alternativas às convencionais, como a

configuração arquitetónica ou os acessos e condições do terreno. Depois de considerar estes elementos iniciais, deve proceder ao levantamento das principais vantagens e inconvenientes da Construção Prefabricada, de forma idêntica ao que foi sugerido para o Dono de Obra e o Projetista.

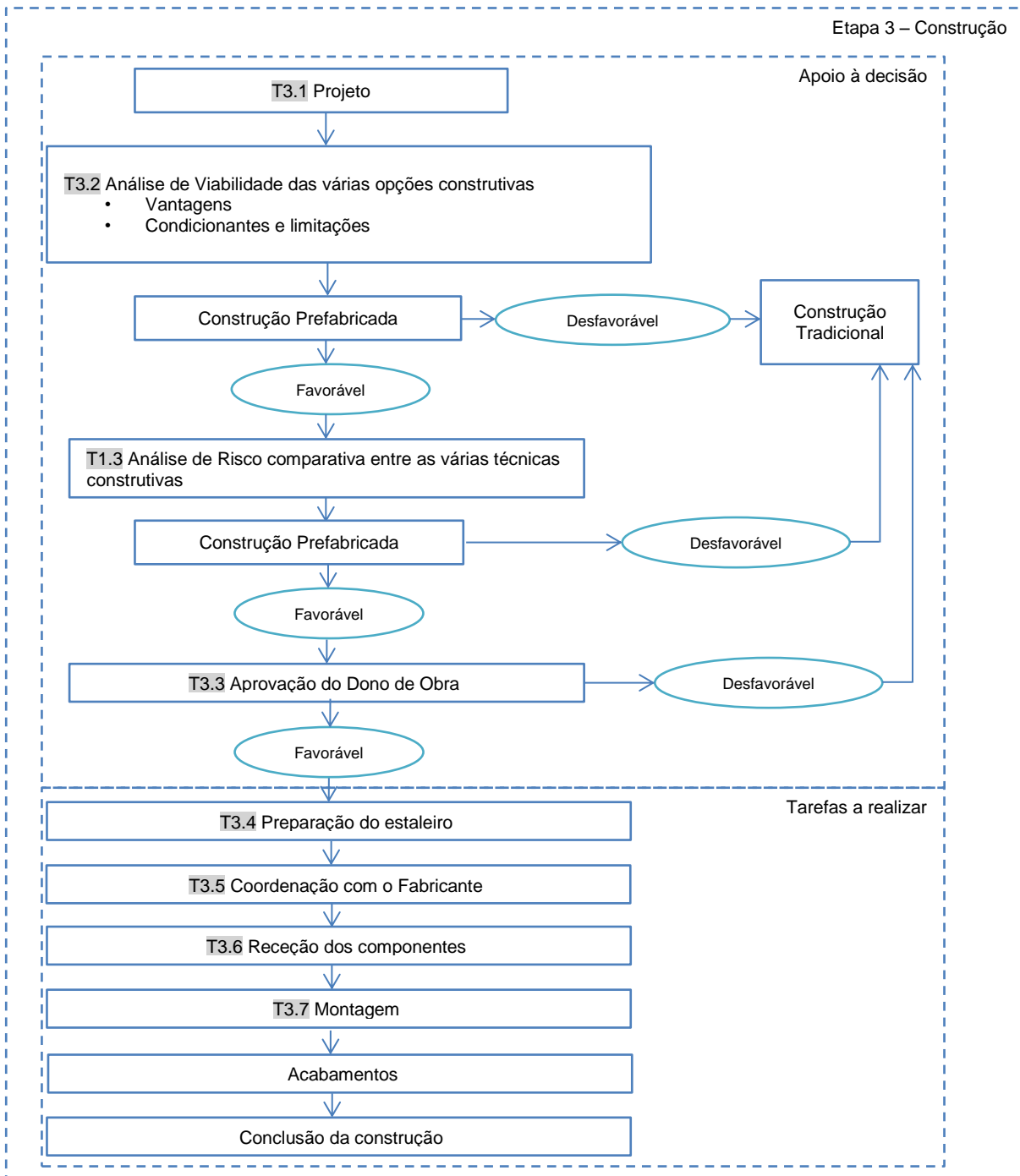


Fig. 59 - Procedimento padrão para Empreiteiros

Feita a análise de viabilidade, o processo de análise de risco a efetuar é semelhante ao descrito no primeiro processo, para o Dono de Obra.

Se a Construção Prefabricada, feita a análise descrita, se revelar favorável, deve ser consultado o Dono de Obra para obter a aprovação do mesmo relativamente às alterações que é necessário efetuar. Neste ponto é necessário ter em conta que eventuais mudanças nas metodologias construtivas poderão levar à mudança da Equipa Projetista ou a consulta e contratação de novos Fabricantes. Poderão estar implicados custos extraordinários e ser necessários prolongamentos de prazos para proceder as estas alterações. Quanto mais tarde se optar pela Prefabricação, maiores as desvantagens e os riscos inerentes, dadas as alterações ao projeto que será necessário efetuar. Daí que seja aconselhável, nesta fase, não só ter em conta a possível redução de custos e prazos que a Prefabricação pode trazer ao nível da construção, mas também o aumento dos mesmos fatores que se pode verificar nas fases anteriores à obra propriamente dita.

Após todo o processo descrito, dá-se então início à fase de construção. Inicialmente, é necessário preparar previamente o terreno, a configuração do estaleiro e os acessos. Tendo início o processo de montagem/construção é necessário estabelecer previamente comunicação com os Fabricantes, de modo a gerir da melhor forma o fornecimento dos materiais e componentes. No caso dos componentes prefabricados, é necessário estabelecer uma coordenação adequada e cuidada, tendo em conta que a maioria destes podem ser elementos-chave no planeamento construtivo. Falhas nos prazos ou erros nas entregas poderão causar atrasos e paragens em toda a obra, com consequências em termos de planeamento e custos adicionais.

Quando os componentes dão entrada em estaleiro, existem alguns processos a seguir e verificações a efetuar no que diz respeito a tipo, quantidade, cor ou eventuais danos. Depois de ser verificada a conformidade dos elementos, inicia-se o processo de montagem, que requer um correto planeamento em termos de tempo, mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários, para que decorra como previsto. É de salientar, nesta fase, que a Construção Prefabricada implica certas questões de segurança muito importantes. Geralmente, os componentes são mais pesados e de maiores dimensões, bem como os equipamentos de elevação e montagem utilizados. É necessário que, em estaleiro, se tenha uma atenção redobrada à limitação e definição de zonas e percursos para passagem de trabalhadores e veículos. No processo de elevação e montagem, é necessário garantir o correto posicionamento dos trabalhadores, de modo a que não seja posta em risco a sua segurança.

O guia completo para Empreiteiros, com as respetivas tabelas auxiliares, pode consultar-se no Anexo 3.

6

RECOMENDAÇÕES GERAIS DE IMPLEMENTAÇÃO

Ao longo do relatório vai-se tornando perceptível que a Construção Prefabricada pode proporcionar inúmeras vantagens nas mais variadas áreas, desde que seja aplicada no contexto adequado. Isto é, é necessário que o contexto económico, social e o setor da construção estejam organizados de uma determinada forma para que se consigam obter as vantagens a nível de custos, ambiente, planeamento, qualidade e outros indicadores.

Como foi referido do Capítulo 2, em países como a Alemanha a Construção Prefabricada é hoje em dia largamente aceite, no entanto nem sempre foi assim. Nos primeiros anos de utilização estas técnicas também eram vistas como sendo de qualidade inferior. Se hoje em dia a situação é diferente, é porque se verificaram esforços dos mais variados quadrantes. Investiu-se na qualidade, em sistemas de certificação e na promoção dos produtos aos clientes. Conseguiu-se criar um contexto bastante favorável à Construção Prefabricada, que traz vantagens tanto para o setor como para os próprios clientes.

Neste capítulo, o objetivo é, com base nas experiências relatadas de outros países, apresentar um conjunto de medidas que ajudarão a criar um contexto favorável à Construção Prefabricada.

6.1. INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

A introdução de qualquer nova tecnologia na construção precisa de ser antecedida por investigação e período de testes de modo a satisfazer, pelo menos, os mesmos requisitos de desempenho das abordagens mais convencionais.

As empresas devem apostar mais na investigação e desenvolver-se em áreas como o *design* personalizado ou materiais inovadores, de forma a disponibilizar um maior leque de opções aos clientes e, desta forma, cativarem o seu interesse. Na área dos materiais pode apostar-se em soluções alternativas e inovadoras que permitam diminuir as seções, superando algumas restrições de transporte e possibilitando maior flexibilidade na configuração de espaços, ou que satisfaçam requisitos mais elevados de desempenho, a nível de sustentabilidade ou eficiência energética. Outro exemplo será a aposta na implementação de novas tecnologias construtivas com base em linhas de produção em fábrica ou equipamentos inovadores. O desenvolvimento e integração das tecnologias informáticas será também bastante favorável ao contexto da Prefabricação, visto que melhora de forma substancial a comunicação com o cliente e entre os vários intervenientes do processo construtivo.

Estes processos de inovação e desenvolvimento devem ter incentivo e suporte por parte de instituições governamentais e ser desenvolvidos com a colaboração de instituições do ensino superior. As universidades devem apostar na formação em áreas como a Construção Prefabricada, tecnologias

construtivas e materiais inovadores. Desta forma estará a promover-se também a Prefabricação no setor da construção, na medida em que se aumenta a formação dos seus intervenientes nesta área.

6.2. FORMAÇÃO

Uma das principais razões para o baixo grau de implementação da Construção Prefabricada pode relacionar-se com a falta de formação e conhecimento no que diz respeito a estas técnicas, não só de utilizadores como também de Projetistas ou Empreiteiros. A par da formação disponibilizada nas universidades referida acima, devem promover-se comunicações e debates sobre estes temas, bem como desenvolver-se ações de formação para vários intervenientes no processo construtivo. O Quadro 15 contém alguns exemplos de tópicos a abordar na formação profissional sobre Construção Prefabricada.

Quadro 15 - Exemplo de linha de orientação para formação sobre Construção Prefabricada (baseado na ref. [12])

Tema	Subtópicos
O que é a Construção Prefabricada	Construção com Painéis Prefabricados
	Construção Modular
	Construção Mista
	Subsistemas e Componentes
Vantagens	Tempo global de desenvolvimento do empreendimento e tempo de construção
	Qualidade
	Produtividade
	Segurança em estaleiro
	Atrasos em obra
	Impacte ambiental
	Mão-de-obra qualificada em estaleiro
Desafios	Transporte
	Conceção limitada
	Alterações em estaleiro
Casos de estudo	Empresas
	Projetos
Incorporação das técnicas	Em projeto
	No processo construtivo
Recursos disponíveis	Informação
	Legislação
	Regulamentos
	Entidades e associações

Importa reforçar a ideia de que é necessário apostar também na formação adequada das equipas de trabalho em estaleiro. É natural, dado o baixo grau de implementação destas técnicas em Portugal, que a grande maioria dos trabalhadores das empresas de construção não esteja familiarizado com estas técnicas. Para que os trabalhos decorram da forma prevista é necessário, para cada caso em específico: abordar a metodologia construtiva a utilizar na obra em questão e quais as suas implicações em termos

processos e segurança; explicar o processo de montagem, faseamento construtivo, elevação e montagem; definir a interação com eventuais equipas externas à empresa.

6.3. CERTIFICAÇÃO

A questão da certificação pode constituir um meio para aumentar a aceitação, por parte dos utilizadores e das próprias equipas de projeto, da Construção Prefabricada. Da mesma forma que já existe um sistema de certificação energética dos edifícios, devem construir-se sistemas semelhantes para outros parâmetros relacionados com a metodologia construtiva, o desempenho estrutural, comportamento ao fogo, propriedades térmicas e acústicas, durabilidade, reparação e manutenção, instalações, sustentabilidade. Os processos de certificação devem basear-se num conjunto de resultados mensuráveis e permitir uma fácil análise por parte do cliente, tal como acontece com a certificação energética de equipamentos e edifícios. É importante que a entidade que faz a certificação seja acreditada e independente das empresas que querem obter a certificação.

Se a metodologia construtiva for relativamente nova, deve apostar-se na sua certificação, principalmente se não estiver totalmente abrangida nos regulamentos em vigor ou se são requeridas exigências de desempenho para além das especificações correntes. Desta forma poderá aumentar-se o grau de aceitação e utilização da Construção Prefabricada.

6.4. ESTUDOS DE MERCADO

Os vários estudos apontados nos Capítulos 3 e 4, demonstram a variedade de opiniões existentes relativamente à perceção sobre a Construção Prefabricada por parte da população em geral e dos vários intervenientes da indústria da construção. De contexto para contexto, esta encontra-se a evoluir em vários graus e de diferentes formas, reflexo não só do seu passado num determinado local, mas também dos esforços efetuados por parte de entidades, instituições e empresas para ultrapassar o estigma associado à fraca qualidade.

Para que a implementação destas técnicas tenha sucesso, é necessário que se façam prospeções, estudos aprofundados e inquéritos que reflitam a situação e o grau de aceitação, por parte de Projetistas, Empreiteiros e utilizadores. Assim, quando uma empresa decidir entrar no mercado da Prefabricação, poderá ter uma noção do cenário que irá encontrar e do nicho de mercado em que se poderá inserir. Estes estudos devem incluir pontos fundamentais como: perceber se os intervenientes no geral sabem efetivamente em que é que consiste a Construção Prefabricada e de que maneiras pode ser aplicada; questionar quais as suas vantagens e inconvenientes, na perspetiva de cada uma das partes; ter noção dos aspetos técnicos e de planeamento que são afetados pela alteração das metodologias construtivas, em cada uma das fases do projeto. Desta forma, poderia conseguir-se uma base mais sólida para, a partir daí, implementar processos de formação e desenvolvimento.

6.5. MARKETING E PUBLICIDADE

Para que uma empresa tenha sucesso no mercado não necessita apenas de ter bons produtos, é preciso saber mostrar aos utilizadores as suas potencialidades e quais as vantagens em relação a outros mais estabelecidos. Para isso é necessário delinear estratégias de marketing e publicidade que vão de encontro às necessidades dos clientes e superem as suas expectativas. Desta forma, a empresa poderá apostar na inovação para se diferenciar das suas concorrentes.

O exemplo alemão dos “*show home parks*” demonstra a preocupação por parte das empresas em mostrar os seus produtos e em responder à competitividade do setor com mais qualidade e outras características inovadoras que as distingam das restantes. Estes parques de exposição de casas prefabricadas constituem um grande investimento por parte das empresas. No entanto, podem resultar num grande motor de impulso ao seu negócio, pela oportunidade que conferem aos utilizadores de visitar e comparar várias tipologias e tecnologias diferentes num curto espaço de tempo e num só local.

A venda das próprias habitações pode sofrer alterações de forma a simplificar processos de consulta e aquisição. Um exemplo é a ideia dos “supermercados” de casas. O modelo praticado na Alemanha, de parceria entre construtores e superfícies comerciais ou o modelo praticado na Suécia pela empresa que desenvolveu o conceito BoKlok são dois exemplos práticos neste âmbito. À semelhança do que acontece noutras indústrias como a automóvel, deve procurar-se simplificar e otimizar os processos de venda. No extremo deverá ser possível os clientes dirigirem-se a uma superfície comercial e escolher entre várias soluções disponíveis para construção, instalações, equipamentos e acabamentos das suas habitações. É certo que este conceito, numa fase inicial poderá implicar maior standardização de componentes, tal como aconteceu com a própria Construção Prefabricada no início da sua aplicação. No entanto, com o desenvolvimento destes sistemas poderia conseguir-se proporcionar variações e alternativas que dariam origem a produtos mais personalizados e adaptados a cada cliente em particular.

A par destas sugestões, pode ainda delinear-se uma estratégia de apoio ao cliente, antes e depois da construção. Parcerias estratégicas de apoio ao financiamento, serviços de manutenção, manuais de apoio ao utilizador com requisitos de manutenção e utilização dos edifícios são alguns exemplos de estratégias que as empresas devem delinear para tornar os seus produtos mais atrativos.

6.6. ESTANDARDIZAÇÃO E CATALOGAÇÃO DE ELEMENTOS E COMPONENTES

Este conceito é bastante importante quando se trata de Construção Prefabricada. Senão vejamos, quando se compra um automóvel e é necessário posteriormente substituir algum dos componentes, consegue-se saber exatamente qual o componente a adquirir, que corresponde modelo do automóvel em questão. Esse componente possuiu um código que possibilita a sua aquisição, muitas das vezes, até em superfícies comerciais de venda a retalho, pelos próprios utilizadores, sem que seja necessário dirigirem-se a uma oficina ou *stand* da marca do automóvel. O mesmo acontece na produção dos próprios automóveis, em que os componentes são produzidos segundo várias especificações técnicas em diversas fábricas e posteriormente montados em conjunto numa linha de montagem, segundo um determinado processo.

Apesar de um automóvel e uma casa serem dois “objetos” bastante diferentes, pode aproveitar-se este conceito acima referido na indústria da construção. Conseguiriam obter-se inúmeras vantagens de produtividade, qualidade, facilidade de aquisição, manutenção, reparação e de futuras remodelações no próprio edifício consoante as necessidades dos próprios clientes. Os diversos componentes poderiam estar disponíveis numa base de dados para utilizadores, Projetistas e Empreiteiros. Desta forma, facilitar-se-ia todo o processo de desenvolvimento dos projetos em Construção Prefabricada.

Para que haja uma maior aceitação por parte do cliente, há que criar um compromisso entre a standardização e a personalização, para que se consigam adaptar as soluções a necessidades específicas e, simultaneamente, obter as vantagens inerentes à Construção Prefabricada.

6.7. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

Um dos principais entraves, em Portugal, à utilização da Prefabricação é a falta de informação regulamentar e legislação relativamente a esta área de aplicação. Enquanto modelo de construção com fortes potencialidades, deve promover-se, a par da investigação e desenvolvimento já referidos, a elaboração de disposições legais e regulamentares sobre materiais, elementos e componentes, dimensionamento, características técnicas e estruturais, métodos construtivos, entre outros parâmetros. Desta forma seria mais simples incentivar o uso da Prefabricação, em particular por parte dos Projetistas e Empreiteiros, por haver mais informação disponível neste âmbito.

7

DISPOSIÇÕES FINAIS

7.1. CONCLUSÕES

O setor da construção constitui por si só uma plataforma de interação dos mais variados intervenientes, com interesses, graus de formação e modos de operar individuais e característicos, o que lhe confere uma natureza intrínseca de setor fragmentado. Esta fragmentação, na grande maioria das vezes constitui um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade, baixo controlo de processos, falhas de comunicação, erros de projeto ou execução, falta de qualidade. Para o sucesso do setor no seu todo, e particularmente da área da Construção Prefabricada, são necessárias mudanças, em pontos cruciais, de maneira a promover uma maior coordenação entre as partes. A indústria da Prefabricação em Portugal deve fornecer soluções e não apenas elementos prefabricados de qualidade. Importa passar da qualidade do elemento para a qualidade do produto final construído no seu todo.

A Construção Prefabricada tem fortes potencialidades enquanto método construtivo, pelas suas características que aproximam o setor da construção a setores de produção bastante evoluídos em termos de gestão, coordenação e produtividade, como a indústria automóvel. Entre as vantagens podem encontrar-se: redução de custos e do tempo de construção, mais qualidade, sustentabilidade, segurança estrutural e em estaleiro. No entanto, para que se possa tirar partido das mesmas, é necessário que a Construção Prefabricada se desenvolva no contexto adequado (Fig. 60).



Fig. 60 – Esquema resumo que ilustra a criação de um contexto favorável à Construção Prefabricada

É essencial promover a coordenação entre os vários intervenientes do setor. Projetistas, Fabricantes e Empreiteiros devem trabalhar em conjunto para estabelecer sistemas de comunicação eficazes de forma a tornar mais rentáveis e eficientes os processos de desenvolvimento de empreendimentos com base em componentes prefabricados. Deve criar-se uma plataforma de comunicação onde possam estar descritas todas as ofertas disponíveis no mercado por parte dos Fabricantes, com respetivas disposições técnicas, para auxiliar os Projetistas no desenvolvimento dos projetos de especialidades, e aspetos construtivos, de forma a que o Empreiteiro possa consultar a metodologia construtiva dos componentes e elementos. Neste aspeto, as tecnologias BIM ou semelhantes, poderiam ter um papel preponderante no desenvolvimento destes sistemas. Este conceito leva a outra questão igualmente importante. A implementação de sistemas de standardização e referência de componentes da construção resultaria automaticamente num processo de interação mais próximo e contínuo entre os intervenientes. Se houvesse um catálogo de componentes, comum a todo o setor, facilitar-se-ia o desenvolvimento de todo o processo construtivo, desde a fase de projeto – pois os Projetistas teriam acesso desde cedo ao que o mercado tem disponível – até à fase de produção e construção – tendo em conta que as empresas de fabrico e construção estariam a comunicar numa “linguagem” comum, e conhecida à partida por ambas as partes. Para além disso, traria vantagens ainda para a fase de utilização, tendo em conta que o cliente, no caso de pretender alguma substituição, alteração ou acrescento de componentes à solução construída inicialmente, poderia consultar essa mesma base de dados e verificar quais as compatibilidades e possibilidades de conjugação.

Outro conceito bastante importante, continuando na fase de utilização, seria a elaboração de manuais de manutenção de edifícios. Este aspeto deveria verificar-se, não só para o caso de edifícios prefabricados, mas para todos os edifícios. Nos prefabricados poderá ter uma importância acrescida devido a componentes, ligações ou aspetos construtivos menos comuns, com os quais os próprios utilizadores poderão não estar familiarizados. É importante que se transmita essa informação, de como cuidar, manter, reparar ou substituir componentes e elementos construtivos.

Para evoluir no setor da Construção Prefabricada não basta passar a produção dos elementos tradicionais, com materiais também tradicionais, do estaleiro para a fábrica. É preciso inovar, tanto em processos como em materiais. Exemplificando, poderá não ser rentável transportar paredes de betão com secções e peso elevados, mas, se forem utilizados certos materiais inovadores, poderá ser possível conceber, de forma eficaz num ambiente controlado de fábrica, componentes que tenham o mesmo desempenho, ou melhor, que os tradicionais. Materiais inovadores, que permitam mais eficiência energética, capacidade estrutural, isolamento acústico, redução das secções dos elementos ou quaisquer outras vantagens, devem ser estudados e desenvolvidos.

A inércia à mudança, por parte de utilizadores e empresas, constitui um dos principais entraves ao desenvolvimento e propagação da Construção Prefabricada. Esta situação resulta essencialmente da falta de informação, legislação, regulamentação e formação no âmbito desta temática. Para se ultrapassar esta barreira, devem promover-se, não só a investigação e desenvolvimento acerca de materiais e processos construtivos, como também a promoção dos próprios produtos finais prefabricados. Para que estes se tornem atrativos, deve ultrapassar-se a perceção de fraca qualidade e uniformização de soluções, promovendo a qualidade do produto construído no seu todo, em termos técnicos – estruturais, térmicos, acústicos, energéticos – mas também conceptuais – maior flexibilidade na conceção de espaços e diversidade de soluções.

Para aumentar a aceitação por parte dos vários intervenientes, é importante também que se aposte em sistemas de certificação, à semelhança do que acontece com a certificação energética dos edifícios, aplicados a outras características técnicas e regulamentares e ao próprio edifício no seu todo.

Considerando todos estes aspetos, poderá criar-se um contexto favorável ao desenvolvimento da Construção Prefabricada (Fig. 61) e, consequentemente, tirar partido de todas as vantagens inerentes a estas técnicas construtivas inovadoras.



Fig. 61 – Esquema resumo das principais vantagens Construção Prefabricada quando aplicada num contexto favorável

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Este trabalho resultou numa recolha de informações relativa à Construção Prefabricada, no que respeita a processos, materiais, vantagens, condicionantes e desafios. Sendo este um tema ainda pouco desenvolvido em Portugal, considerou-se importante efetuar este estudo, de forma a abordar o conceito da Construção Prefabricada como um todo, e não apenas como alternativa ao método construtivo de determinados componentes dos edifícios. Com base nas informações recolhidas, foi elaborado um conjunto de recomendações e criado um guia prático para Donos de Obra, Projetistas e Empreiteiros que visa abordar os principais aspetos a ter em conta na altura de decidir o método construtivo a adotar e as principais considerações a ter quando se opta pela Construção Prefabricada. Resumindo, um dos objetivos centrais deste trabalho foi mostrar que a Construção Prefabricada tem efetivamente fortes potencialidades enquanto metodologia construtiva, desde que aplicada no contexto adequado, para que se consigam obter determinadas vantagens, por exemplo, de planeamento ou custos.

O guia prático realizado serve apenas como base e linha de orientação para trabalhos futuros que dele possam resultar. Está bastante abrangente e futuramente devem, para a ótica de cada um dos intervenientes, aprofundar-se mais os aspetos a considerar na avaliação da viabilidade dos métodos,

bem como os principais processos a seguir em cada etapa do desenvolvimento. Poderá adaptar-se também o guia prático a cada tipo de metodologia construtiva – Modular, Mista, com painéis Prefabricados, Subsistemas e Componentes. Desta forma seria possível concretizar e pormenorizar todos os aspetos a ter em conta na tomada de decisão e todas as tarefas a realizar posteriormente, incluindo disposições regulamentares, legislação, aspetos construtivos, materiais a utilizar ou equipamentos.

Evoluindo ainda mais neste campo, poderá desenvolver-se o guia num modelo informático. Desta forma, por uma sucessão de seleções de condições e parâmetros, cada interveniente veria simplificado o processo de decisão e teria maior facilidade na elaboração das suas tarefas de forma correta e adequada. Continuando no âmbito das tecnologias informáticas, seria bastante útil se fosse elaborada uma base de dados que estivesse disponível na internet. Desta forma, os vários intervenientes no processo construtivo poderiam colocar todas as informações úteis e atualizadas sobre o que está disponível no mercado da Construção Prefabricada a cada momento. Com acesso a informações relativas a regulamentos, projetos, custos ou componentes, simplificar-se ia bastante todo o processo de desenvolvimento, contribuindo, simultaneamente, para um maior grau de utilização da Prefabricação.

No âmbito da avaliação da viabilidade da Construção Prefabricada relativamente à Construção Tradicional, foi, neste relatório, elaborada uma comparação em relação a vários aspetos como o planeamento, custos, sustentabilidade ou qualidade. Esta comparação foi realizada com base em estudos feitos internacionalmente que, apesar de efetivamente demonstrarem que, em determinadas situações, a Construção Prefabricada tem bastantes potencialidades e oferece várias vantagens, dependem muito das condições, do contexto económico e social e da própria organização do setor da construção dos países onde foram efetuados esses mesmos estudos. Para que fossem obtidos resultados que reflitam melhor a realidade no nosso país, poderão ser realizados estudos semelhantes e eventualmente tendo como linha de orientação os estudos apresentados. Só desta forma se poderá averiguar com maior certeza e rigor qual é realmente a viabilidade da Construção Prefabricada em Portugal.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Couto, J. e Couto, A., "Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-fabricação," Departamento de Engenharia Civil: Universidade do Minho.
- [2] Rosário, I. A. A., "Gestão da Inovação numa Empresa de Serviços de Engenharia Civil," Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [3] Oliveira, M. R. S., "Construção de Edifícios como Indústria de Montagem," Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998.
- [4] *Dicionário Priberam da Língua Portuguesa*. Disponível em: <http://www.priberam.pt/dlpo/dlpo.aspx?pal=prefabricação>, consultado em 14-03-2013.
- [5] Saraiva, F., "Estruturas Pré-fabricadas em Betão," Instituto Superior Técnico, 2012.
- [6] Acker, A. V., *Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto*, 2002.
- [7] Faria, J. A., "Apontamentos de Apoio à Unidade Curricular de Tecnologias e Sistemas Construtivos," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.
- [8] "A Guide to Modern Methods of Construction," NHBC Foundation, 2006.
- [9] "Modern Methods of Construction: Evolution or Revolution," A BURA Steering and Development Forum Report, 2005.
- [10] "Using Modern Methods of Construction to Build Homes More Quickly and Efficiently," Report by The National Audit Office, 2005.
- [11] *The Nation Archives*. Disponível em: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100113205514/http://www.housingcorp.gov.uk/server/show/ConWebDoc.16281>, consultado em 19-03-2013.
- [12] Na, L., "Investigation of the Designers' and General Contractors' Perceptions of Offsite Construction Techniques in the United States Construction Industry," Dissertation Presented to the Graduate School of Clemson University, 2007.
- [13] "Modern methods of construction in Germany – playing the off-site rule," Report of a DTI Global Watch Mission 2004.
- [14] "Current Practice and Potencial Uses of Prefabrication," DTI Construction Industry Directorate Project Report, 2003.
- [15] Pan, W. e Goodier, C., "House-Building Business Models and Off-Site Construction Take-Up," *Journal of Architectural Engineering* © ASCE, 2012.
- [16] *PassivHaus Portugal*. Disponível em: <http://www.passivhaus.pt/principios.html>, consultado em 18-06-2013.
- [17] "BoKlok, Sweet BoKlok," NTNU - Department of Industrial Economics and Technology Management, 2007.
- [18] *Pavicentro*. Disponível em: <http://www.pavicentro.pt/main.html>, consultado em 13-06-2013.

- [19] "InovaDomus propõe ideias criativas para reabilitar". *Construir*. Disponível em: <http://www.construir.pt/2013/04/05/inovadomus-propoe-ideias-criativas-para-reabilitar/>, consultado em 13-06-2013.
- [20] *Teketo*. Disponível em: <http://www.teketo.pt/index.php/pt/company>, consultado em 13-06-2013.
- [21] "Téketo Modular desenvolve conceito de Casa Ideal". *Construir*. Disponível em: <http://www.construir.pt/2012/10/18/teketo-modular-desenvolve-conceito-de-casa-ideal/>, consultado em 13-06-2013.
- [22] *Cool Haven*. Disponível em: <http://cool-haven.com/conceito/conceito.php>, consultado em 13-06-2013.
- [23] *Modular System*. Disponível em: <http://www.modular-system.com/site/main.php-a=w&l=pt.htm>, consultado em 13-06-2013.
- [24] *SIT Modular Solutions*. Disponível em: <http://www.siturbandesign.com/modular/>, consultado em 13-06-2013.
- [25] "SIT Modular Solutions lança módulos mini." *Construir*. Disponível em: <http://www.construir.pt/2013/05/10/sit-modular-solutions-lanca-modulos-mini/>, consultado em 13-06-2013.
- [26] Walker, A. R., "Delivering Sustainable Buildings: Modern Methods of Construction," Housing & Innovation - BRE - Building Research Establishment Group.
- [27] "BeAware Supply Chain Resource Efficiency - Sector Report, Modern Methods of Construction (MMC)," BeAware - Improving resource efficiency in construction product manufacture, BRE, 2008.
- [28] Sousa, H., "Apontamentos de apoio à Unidade Curricular de Gestão de Projetos," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [29] Poças Martins, J. P., "Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos," Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia na Universidade do Porto, 2009.
- [30] Nawari, N. O., "BIM Standard in Off-Site Construction," *Journal of Architectural Engineering* © ASCE, 2012.
- [31] Moreira da Costa, J., "Apontamentos de Apoio à Unidade Curricular de Qualidade na Construção," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [32] "Builder's Guide to Modular Home Set-Up & Completion," National Modular Housing Council
- [33] Pheng, L. S. e Chuan, C. J., "Just-in-Time Management of Precast Concrete Components," *Journal of Construction Engineering and Management* © ASCE, 2001.

Páginas da Internet

- <http://artdraughtmans.blogspot.pt/2012/09/modular-building-house.html>, consultado em 23-04-2013
- <http://www.alho.com/en/media-centre/assembly-reports/swisslife>, consultado em 23-04-2013

<http://www.henleybs.com/henley-mastersystem.html>, consultado em 23-04-2013

http://www.tffc.ie/timber_frame.html, consultado em 24-03-2013

<http://www.dimensioncanada.ca/SIP.html>, consultado em 23-04-2013

<http://buildipedia.com/aec-pros/construction-materials-and-methods/structural-insulated-panels-vs-coventional-framing>, consultado em 23-04-2013

http://www.bathsystem.it/cellule_bagno/cellula_bagno_prefabbricata_tecnologia.htm, consultado em 23-04-2013

<http://www.tropicalbuildings.com/projects/poulsen/>, consultado em 23-04-2013

<http://www.timberframe.it/wp-content/uploads/2011/07/Burnside-Lodge-metal-web-joists.jpg>, consultado em 23-04-2013

ANEXOS

ANEXO 1

GUIA PRÁTICO PARA DONOS DE OBRA

Referência			
Título	Procedimento padrão para Donos de Obra		
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoio à decisão: avaliar, através a análise de vários critérios, se é viável em termos de custos, prazos de construção e outras variáveis, a opção da utilização da Construção Prefabricada num determinado empreendimento. 2. Tarefas a realizar: esquematizar um procedimento padrão de várias tarefas a realizar após opção pela hipótese de Construção Prefabricada 		
Âmbito	Todos os projetos de novos edifícios ou grandes remodelações de outros já existentes.		
Descrição do Procedimento	<pre> graph TD subgraph Etapa1 [Etapa 1 – Promoção, viabilidade e Planeamento] T11[T1.1 Programa Preliminar] --> T12[T1.2 Análise de Viabilidade das várias opções construtivas
• Vantagens
• Condicionantes e limitações] T12 --> CP1[Construção Prefabricada] CP1 --> D1{Desfavorável} CP1 --> F1{Favorável} D1 --> CT[Construção Tradicional] F1 --> T13[T1.3 Análise de Risco comparativa entre as várias técnicas construtivas] T13 --> CP2[Construção Prefabricada] CP2 --> D2{Desfavorável} CP2 --> F2{Favorável} D2 --> CT F2 --> DO[Dono de Obra] end subgraph Tarefas[Tarefas a realizar] DO --> U[Utilizador] DO --> P[Promotor] U --> T14[T1.4 Consulta e contratação - Procurement] P --> T14 end </pre>		
Versão	Data	Elaborado	Aprovado
1.0			

Nota: o *layout* da folha de procedimentos apresentada é baseado na ref. [31].

T1.1 – Programa preliminar	
Conceito	Tipo de empreendimento
	Utilização
	Conceção espacial aproximada – perfis e número de unidades
	Atender às necessidades do mercado (no caso de promoção imobiliária)
Localização	Acessos ao local
	Proximidade geográfica de fábricas de elementos prefabricados
	Avaliar questões de planeamento do território
Terreno	Topografia
	Aspetos geotécnicos
Planeamento	Planeamento geral pouco pormenorizado
Custos	Orçamento disponível
	Estimativa das várias opções de orçamentação – a Construção Prefabricada requer um maior investimento inicial
	Custo estimado das várias soluções construtivas - Custo do ciclo de vida <ul style="list-style-type: none"> • Construção: materiais (componentes e transporte), mão-de-obra e equipamentos • Manutenção
Prazos	Estimativa de prazo de conclusão
	Consequências do não cumprimento de prazos
<p>Nota: O processo de avaliação pode ser feito com colaboração de uma entidade independente para assegurar a sua objetividade. Pode ser útil por vezes recorrer a consultores ou especialistas.</p>	

T1.2 – Análise de Viabilidade das várias opções construtivas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir as opções construtivas: Modular, Painéis, Mista, Subsistemas e Componentes, Tradicional. 2. Fazer um quadro resumo de todos os fatores a considerar – potencialidades e condicionantes. 3. Para cada uma das metodologias construtivas deve ser feita uma ponderação de todos os fatores, tanto quanto possível, de uma forma quantitativa. Podem ser utilizados métodos como a Análise Multicritério para fazer um estudo conjunto de todos os fatores a considerar e respetiva importância ponderada. Não é aconselhável basear o critério de escolha de soluções apenas no preço. 	
Potencialidades da Construção Prefabricada	
Prazos	Maior rapidez de construção
	Menor probabilidade de atrasos devido a condições atmosféricas
Custos	Possível redução dos custos de Fiscalização, dado o menor tempo de construção
	Possível redução de custos se for atingida alguma economia de escala
	Possíveis vantagens económicas decorrentes da conclusão mais rápida do empreendimento (no caso da promoção imobiliária, por exemplo)
Ambiente	Possibilidade de conceção tendo em conta a desconstrução e o reaproveitamento dos elementos construtivos
Qualidade	Possibilidade de vãos maiores e melhoria da funcionalidade dos espaços
	Produção em ambientes industriais especificamente criados com esse objetivo, com mão-de-obra especializada e um ambiente controlado
	Controlo de qualidade em fábrica mais eficiente do que em estaleiro

	Aumento da segurança estrutural
Desvantagens e condicionantes da Construção Prefabricada	
Planeamento	Maior exatidão nos estudos do projeto e na pormenorização
Custos	Possível aumento de custos relativamente à Construção Tradicional
Transporte	Possível aumento dos custos de transporte
Qualidade	Controlo mais rigoroso - maior necessidade de controlo do processo de fabrico (formas e pormenores dos componentes, por exemplo)

T1.3 – Análise de Risco comparativa
1. Seleção dos principais riscos a considerar para cada metodologia construtiva – consultar no ponto 5.1.8 do Capítulo 5 alguns exemplos de riscos a considerar.
2. Para cada metodologia em separado, utilizar de um método de análise de risco que auxilie o processo de decisão.

T1.4 – Consulta e contratação – <i>Procurement</i>
As abordagens diferem consoante o tipo de empreendimento a construir e a função do Dono de Obra - utilizador ou promotor imobiliário.
Neste quadro são indicadas algumas das tarefas a desenvolver pelo Dono de Obra após ter optado pela Construção Prefabricada.
Utilizadores
Consulta e seleção de Projetistas e Empreiteiros com capacidade para efetuar o projeto e a obra com recurso a Prefabricação
Escolha dos Fabricantes – consultar ponto 5.1.5. do Capítulo 5
Definição do modelo de gestão – consultar ponto 5.1.2 do Capítulo 5
Definição de responsabilidades – consultar ponto 5.1.6 do Capítulo 5
Definição de tipos de contrato
Promotores
Seleção do Gestor do Empreendimento
Consulta e seleção de Projetistas e Empreiteiros com capacidade para efetuar o projeto e a obra com recurso a Prefabricação
Escolha dos Fabricantes – consultar ponto 5.1.5. do Capítulo 5
Escolha do modelo de gestão – consultar ponto 5.1.2 do Capítulo 5
Definir a estratégia de negócio e desenvolver parcerias estratégicas a nível de financiamento ou gestão que tragam vantagens para o projeto - consultar ponto 5.1.2 do Capítulo 5
Confirmar estimativas de custos
Definição de responsabilidades – consultar ponto 5.1.6 do Capítulo 5
Definição de tipos de contrato
Gestão do <i>cash-flow</i> – investimento e venda/arrendamento

ANEXO 2

GUIA PRÁTICO PARA PROJETISTAS

Referência			
Título	Procedimento padrão para Projetistas		
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoio à decisão: avaliar, através a análise de vários critérios, se é viável em termos de custos, prazos de construção e outras variáveis, a opção da utilização da Construção Prefabricada num determinado empreendimento. 2. Tarefas a realizar: esquematizar um procedimento padrão de várias tarefas a realizar após opção pela hipótese de Construção Prefabricada. 		
Âmbito	Todos os projetos de novos edifícios ou grandes remodelações de outros já existentes.		
Descrição do Procedimento	<pre> graph TD subgraph "Etapa 2 – Conceção, Estudos e Projetos" T2.1[T2.1 Programa Base] --> T2.2[T2.2 Análise de Viabilidade das várias opções construtivas
• Vantagens
• Condicionantes e limitações] T2.2 --> CP1[Construção Prefabricada] CP1 --> D1{Desfavorável} CP1 --> F1{Favorável} D1 --> CT[Construção Tradicional] F1 --> T1.3[T1.3 Análise de Risco comparativa entre as várias técnicas construtivas] T1.3 --> CP2[Construção Prefabricada] CP2 --> D2{Desfavorável} CP2 --> F2{Favorável} D2 --> CT F2 --> T2.3[T2.3 Aprovação do Dono de Obra] T2.3 --> D3{Desfavorável} T2.3 --> F3{Favorável} D3 --> CT F3 --> T2.4[T2.4 Projeto] end CT --> CT </pre>		
Versão	Data	Elaborado	Aprovado
1.0			

T2.1 – Considerações sobre o Programa base e Anteprojeto
Avaliar a conceção geral do projeto
Analisar configuração dos espaços e repetições de elementos
Conhecer Fabricantes e componentes prefabricados disponíveis no mercado, de modo a fazer estudo comparativo de preços
Conhecer o limite orçamental estipulado pelo Dono de Obra
Conhecer os prazos previstos para conclusão da obra

T2.2 – Análise de Viabilidade das várias opções construtivas	
<div><div>1. Definir as opções construtivas: Modular, Painéis, Mista, Subsistemas e Componentes, Tradicional.</div><div>2. Fazer um quadro resumo de todos os fatores a considerar – potencialidades e condicionantes.</div><div>3. Para cada uma das metodologias construtivas deve ser feita uma ponderação de todos os fatores, tanto quanto possível, de uma forma quantitativa. Podem ser utilizados métodos como a Análise Multicritério para fazer um estudo conjunto de todos os fatores a considerar e respetiva importância ponderada. Não é aconselhável basear o critério de escolha de soluções apenas no preço.</div></div>	
Potencialidades da Construção Prefabricada	
Qualidade	Vantagens produtivas - maior controlo do processo de fabrico, bem como nas formas e pormenores dos componentes
	Melhoria da funcionalidade dos espaços
	Geralmente os elementos prefabricados permitem vencer grandes vãos, eliminando pilares ou fundações
	Possibilidade de realizar testes aos vários componentes envolvidos no sistema construtivo antes da sua aplicação, permitindo a correção de eventuais falhas ou defeitos
	Aumento da segurança estrutural
Desvantagens e condicionantes da Construção Prefabricada	
Projeto	Na maioria das vezes é necessário recorrer a elementos de ligação adicionais (parafusos ou cantoneiras, por exemplo)
	Restrição do projeto aos elementos prefabricados disponíveis
	É necessário maior controlo e rigor nos elementos e nas ligações
	Estudos do projeto mais elaborados
	Requer mais rigor e pormenorização em projeto
	Falta de elementos regulamentares específicos para a Prefabricação

T2.3 – Consulta do Dono de Obra
Demonstração das vantagens da Construção Prefabricada
Consultar o Empreiteiro, caso já tenha sido contratado pelo Dono de Obra, para assegurar que tem meios necessários para realizar a obra pelos métodos construtivos selecionados

Se forem detetadas incompatibilidades com o Empreiteiro, deve estudar-se a situação e eventualmente anular o contrato e proceder novamente a consulta e contratação de um novo Empreiteiro. Há que ter em conta que estas alterações podem implicar custos acrescidos. Deve, por isso, fazer-se um balanço dos benefícios e custos inerentes a estas alterações.

Caso se avance com a alteração, deve proceder-se à consulta e contratação de Fabricantes – consultar ponto 5.1.5. do Capítulo 5 – de modo a envolvê-los no processo desde as fases iniciais.

T2.4 – Projeto

Para abrir espaço a novos materiais e soluções construtivas deve abandonar-se a especificação tradicional prescritiva de soluções construtivas e optar-se por uma especificação exigencial. Novos materiais e tecnologias construtivas podem revelar-se mais eficazes, com mais qualidade e mais competitivas do que as mais convencionais.

Importância das ligações no comportamento global da estrutura - estudar e dimensionar com rigor estes elementos.

Conhecer as alterações do comportamento em serviço de edifícios prefabricados.

Considerar faseamento construtivo no projeto.

Dimensionar tendo em conta todas as fases: fabrico, transporte, montagem e serviço.

Colaboração com o fabricante - conhecer os componentes prefabricados e soluções construtivas disponíveis no mercado.

Conhecer as limitações de transporte – consultar ponto 5.1.10 do Capítulo 5.

Conhecer as limitações de montagem – a distância máxima de montagem e os equipamentos a utilizar limitam o peso e dimensões dos elementos.

Não basear o critério de escolha de soluções apenas no preço.

Ter em consideração as tolerâncias dimensionais dos componentes.

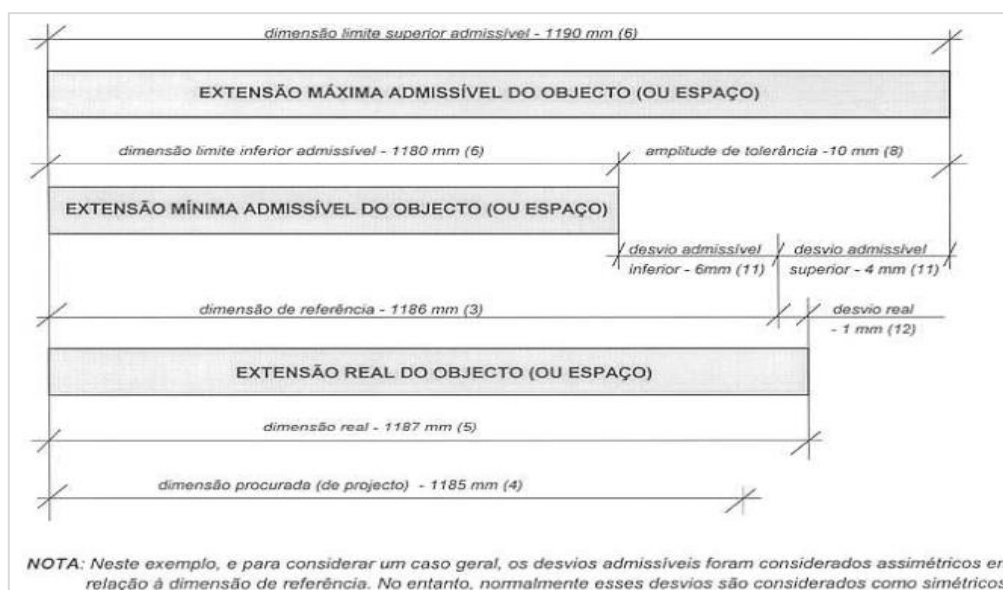


Fig. 62 - Esquema do conceito de Tolerância [7]

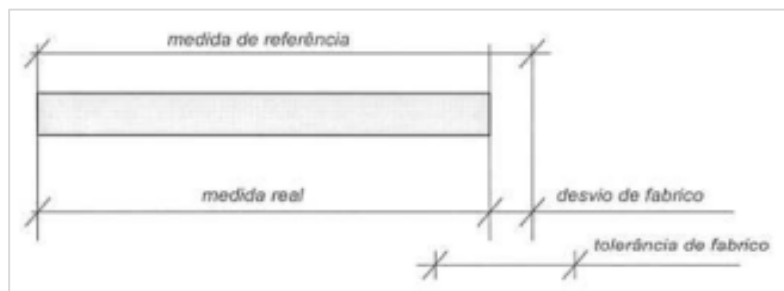


Fig. 63 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Fabrico [7]

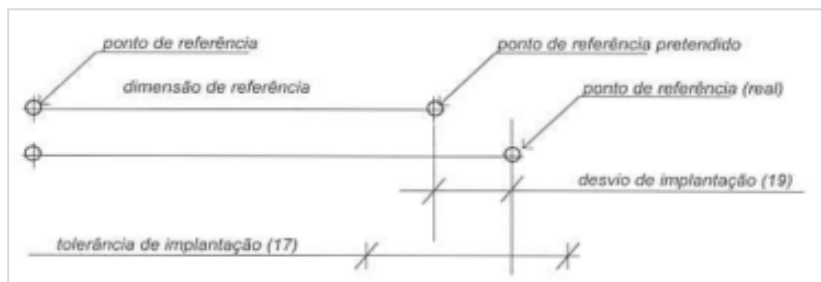


Fig. 64 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Implantação [7]

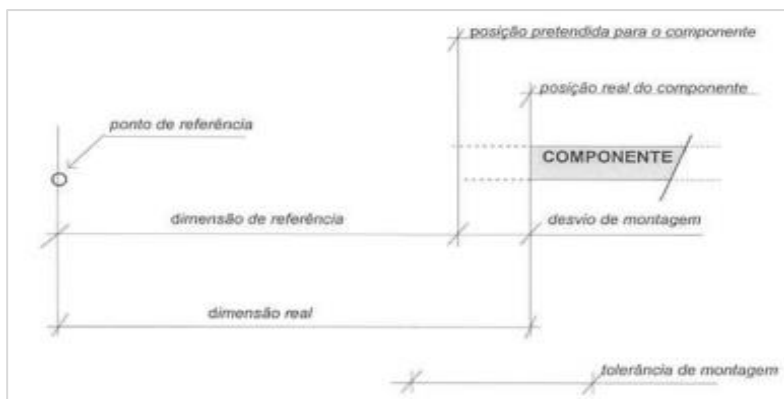


Fig. 65 - Esquema dos conceitos de Desvio e Tolerância de Montagem [7]

ANEXO 3

GUIA PRÁTICO PARA EMPREITEIROS

Referência			
Título	Procedimento padrão para Empreiteiros		
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoio à decisão: avaliar, através a análise de vários critérios, se é viável em termos de custos, prazos de construção e outras variáveis, a opção da utilização da Construção Prefabricada num determinado empreendimento. 2. Tarefas a realizar: esquematizar um procedimento padrão de várias tarefas a realizar após opção pela hipótese de Construção Prefabricada. 		
Âmbito	Todos os projetos de novos edifícios ou grandes remodelações de outros já existentes.		
Descrição do Procedimento	<pre> graph TD subgraph "Etapa 3 – Construção" subgraph "Apoio à decisão" T31[T3.1 Projeto de execução] --> T32[T3.2 Análise de Viabilidade das várias opções construtivas
• Vantagens
• Condicionantes e limitações] T32 --> CP1[Construção Prefabricada] CP1 -- Desfavorável --> CT[Construção Tradicional] CP1 -- Favorável --> T13[T1.3 Análise de Risco comparativa entre as várias técnicas construtivas] T13 --> CP2[Construção Prefabricada] CP2 -- Desfavorável --> CT CP2 -- Favorável --> T33[T3.3 Aprovação do Dono de Obra] T33 -- Desfavorável --> CT T33 -- Favorável --> T34[T3.4 Preparação do estaleiro] end subgraph "Tarefas a realizar" T34 --> T35[T3.5 Coordenação com o Fabricante] T35 --> T36[T3.6 Receção dos componentes] T36 --> T37[T3.7 Montagem] T37 --> AC[Acabamentos] AC --> CC[Conclusão da construção] end end </pre> <p>The flowchart is titled 'Etapa 3 – Construção'. It is divided into two main sections: 'Apoio à decisão' (Decision Support) and 'Tarefas a realizar' (Tasks to be performed). Apoio à decisão: - Starts with 'T3.1 Projeto de execução', leading to 'T3.2 Análise de Viabilidade das várias opções construtivas' (listing 'Vantagens' and 'Condicionantes e limitações'). - From 'T3.2', the flow goes to 'Construção Prefabricada'. - If 'Desfavorável', it leads to 'Construção Tradicional'. - If 'Favorável', it leads to 'T1.3 Análise de Risco comparativa entre as várias técnicas construtivas'. - From 'T1.3', the flow goes to 'Construção Prefabricada'. - If 'Desfavorável', it leads to 'Construção Tradicional'. - If 'Favorável', it leads to 'T3.3 Aprovação do Dono de Obra'. - From 'T3.3', if 'Desfavorável', it leads to 'Construção Tradicional'. - If 'Favorável', it leads to 'T3.4 Preparação do estaleiro'. Tarefas a realizar: - A vertical sequence of tasks: 'T3.4 Preparação do estaleiro', 'T3.5 Coordenação com o Fabricante', 'T3.6 Receção dos componentes', 'T3.7 Montagem', 'Acabamentos', and 'Conclusão da construção'.</p>		
Versão	Data	Elaborado	Aprovado
1.0			

T3.1 – Considerações sobre o Projeto de execução
Conhecer a conceção espacial e estrutural do edifício.
Identificar elementos que tenham fortes possibilidades de ser prefabricados.
Consultar Fabricantes para que possa estabelecer comparações a nível de processos construtivos, prazos e preços.
Fazer plano de construção comparativo entre várias metodologias construtivas – considerar materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários em cada uma das situações.
Com base no planeamento, fazer um orçamento aproximado para cada uma das metodologias construtivas.

T3.2 – Análise de Viabilidade das várias opções construtivas	
<div>1. Definir as opções construtivas: Modular, Painéis, Mista, Subsistemas e Componentes, Tradicional.</div> <div>2. Fazer um quadro resumo de todos os fatores a considerar – potencialidades e condicionantes.</div> <div>3. Para cada uma das metodologias construtivas deve ser feita uma ponderação de todos os fatores, tanto quanto possível, de uma forma quantitativa. Podem ser utilizados métodos como a Análise Multicritério para fazer um estudo conjunto de todos os fatores a considerar e respetiva importância ponderada. Não é aconselhável basear o critério de escolha de soluções apenas no preço.</div>	
Potencialidades da Construção Prefabricada	
Planeamento	Necessidade de menos espaço de armazenamento em estaleiro
	Ritmos mais elevados de produção e montagem resultantes da sistematização de processos
	Menor dependência das condições atmosféricas
	Diminuição do número de horas de trabalho em estaleiro
	Recurso a equipamentos de transporte, elevação e montagem adequados
	Mão-de-obra mais qualificada utilizada na montagem dos elementos tem um comportamento geralmente mais adequado e eficiente
	Redução da área de estaleiro
	Alternativa à escassez de mão-de-obra habilitada
	Experiência conseguida da repetição dos processos construtivos
	Maior rapidez de construção
	Mais fácil o cumprimento e controlo de prazos
Custos	Menor utilização de equipamentos ou materiais auxiliares como escoramentos, cofragens, cimbres ou andaimes
	Diminuição dos gastos com energia em estaleiro
Segurança	Aumento da segurança no trabalho (diminuição da probabilidade de acidentes em obra)
	Processos repetitivos levam a melhoria contínua e aperfeiçoamento, que tem como consequência um aumento de segurança
Ambiente	Menor desperdício
	Redução da produção de resíduos em obra
	Redução da produção de ruído em obra
Qualidade	Produção em ambientes industriais controlados, com mão-de-obra especializada
	Possibilidade de realizar testes aos vários componentes antes da sua aplicação, permitindo a correção de eventuais falhas ou defeitos
Desvantagens e condicionantes da Construção Prefabricada	

Planeamento	Muitas das vezes é necessário prever a utilização de equipamentos e elementos de ligação adicionais
	Maior controlo e rigor nos processos de montagem
Custos	É necessário recorrer quase exclusivamente a mão-de-obra especializada, com custos mais elevados
	Custos com materiais e elementos adicionais

T3.3 – Consulta do Dono de Obra

Demonstração das vantagens da Construção Prefabricada.

Consultar a Equipa de Projeto, para assegurar que tem recursos e competências técnicas para realizar a o projeto de soluções prefabricadas.

Caso não se verifique o ponto anterior, deve estudar-se a situação e eventualmente reformular todo o projeto com nova Equipa de Projeto a selecionar. Há que ter em conta que estas alterações podem implicar custos acrescidos de eventuais rescisões de contratos e atrasos no prazo global do empreendimento. Deve, por isso, fazer-se um balanço dos benefícios e custos inerentes a estas alterações.

Caso se avance com a alteração, deve proceder-se à consulta e contratação de Fabricantes – consultar ponto 5.1.5. do Capítulo 5 – de modo a envolvê-los no processo desde as fases iniciais.

Consoante as opções disponibilizadas pelos Fabricantes, deve adaptar-se o projeto aos componentes prefabricados disponíveis no mercado – colaboração entre a Equipa de Projeto, o Empreiteiro e o Fabricante.

T3.4 – Preparação da obra

Estaleiro

O estaleiro deve estar limpo e sem quaisquer obstruções (pedras, árvores, cabos elétricos, etc.) que possam afetar os trabalhos de transporte e movimentação dos componentes para o respetivo local. [32]

Verificar as condições do terreno.

O estaleiro deve ter áreas limpas para colocação das gruas e passagem dos meios de transporte com acesso razoável a partir da estrada. [32]

A entrada dos veículos em estaleiro deve ser nivelada de modo a evitar danos nos componentes, em especial no caso dos módulos tridimensionais. [32]

Transporte

Verificar previamente a rota de acesso ao local: [32]

- Largura da estrada;
- Espaço superior;
- Inclinação dos acessos;
- Pontes – limitações de peso;
- Passagens inferiores;
- Acessos para gruas e meios de transporte de maiores dimensões.

As áreas com maior densidade populacional poderão implicar controlo especial de trânsito. [32]

Verificar com o Fabricante se serão necessários equipamentos adicionais para transporte dos componentes. [32]

Equipamentos [32]

Determinar o tamanho da grua e outros equipamentos de elevação necessários tendo em conta os requisitos e condicionantes do estaleiro.
Decidir a localização da grua em relação ao posicionamento dos componentes durante as operações de montagem.
O terreno onde será colocada a grua deve ser resistente e bem compactado, especialmente se estiver próximo das fundações do edifício.
Inspeccionar a área em relação a cabos elétricos a baixas altitudes, galhos de árvores ou outras obstruções que possam causar problemas nos processos de movimentação e montagem dos elementos.
Decidir quais as obstruções que devem ser removidas antes da entrega.
Consultar o responsável pelas gruas para saber se serão necessários materiais adicionais, como barras de suporte ou cintas, e de quem é a responsabilidade de os disponibilizar em estaleiro.
Um planeamento e coordenação cuidados entre o empreiteiro e o responsável pela grua poderá poupar custos desnecessários resultantes de atrasos enquanto as obstruções são retiradas.

T3.5 – Coordenação com o Fabricante – Gestão da entrega de componentes
<p>A coordenação entre Empreiteiro e Fabricante é importante para que não haja atrasos em obra por falta de componentes ou custos acrescidos por danos nos componentes causados pelas condições inadequadas ou demasiado prolongadas de armazenamento em estaleiro.</p> <p>Quando os componentes ficam armazenados em estaleiro, existem fatores como a exposição às condições climáticas e o movimento de máquinas e outros equipamentos que aumentam o risco de danos nesses mesmos componentes ou materiais. Apesar desses riscos, pode ser vantajoso armazenar os componentes no local da obra por determinadas razões.</p>
Razões para optar pelo armazenamento de componentes em estaleiro [33]
Prevenir atrasos na entrega.
Evitar congestionamentos em estaleiro e escalonamento das entregas.
Assegurar que os materiais ou componentes estão prontos na altura da montagem.
Não há necessidade de identificar “itens críticos” para prevenir falhas na entrega dos mesmos.
Possibilidade de inspecionar os componentes para assegurar que correspondem aos requisitos de tipo, tamanho, quantidade, com antecedência suficiente para possibilitar ações corretivas.
Componentes mais pequenos com grande grau de utilização podem ser armazenados em quantidades ligeiramente maiores para evitar qualquer descontinuidade na entrega que possa quebrar o ritmo de trabalho em estaleiro.
As entregas do estrangeiro que vêm por via marítima em grandes quantidades.
Necessidade de ter entregas completas antes de começar a instalação para assegurar um processo suave e contínuo de elevação e montagem.
Maior controlo sobre a disponibilidade e quantidade dos componentes.
A restrição a nível de espaço é geralmente um dos grandes problemas em estaleiro, no entanto, podem ser tomadas algumas medidas para ultrapassar essa questão.

Medidas para ultrapassar restrições de espaço em estaleiro [33]
Designação apropriada e alocação de espaço de armazenamento.
Armazenamento e empilhamento adequado, de modo a que maiores quantidades possam ser armazenadas em locais de espaço limitado.
Utilizar métodos alternativos como estruturas de metal que permitam o armazenamento de componentes na vertical.
Enfatizar as entregas <i>Just-in-time</i> .
Melhorar a coordenação com os fornecedores para evitar excesso de <i>stock</i> em estaleiro.
Limpeza adequada do estaleiro.
Fatores que têm influência no tempo de armazenamento [33]
Atrasos nos trabalhos de construção.
Disponibilidade de espaço em estaleiro.
Grau de confiança nos fornecedores de materiais e componentes.
O tempo de ciclo de montagem e a sequência de construção.
Entrega de componentes errados.
Componentes entregues por via marítima.
Capacidade de armazenamento do fabricante de componentes.
Tipo de componentes.
O fabricante não é informado e atualizado dos progressos em estaleiro.
Os camiões podem necessitar de ficar estacionados próximo do estaleiro devido a várias situações que podem ser, ou não, controladas pelo Empreiteiro ou pelo Fabricante.
Fatores que levam à necessidade de estacionamento de reboques no estaleiro [33]
Problemas com o acesso.
Entrega incompleta devido a entregas tardias, depois do horário de trabalho.
Demasiados camiões para entregar ao mesmo tempo.
A estrutura ainda não está pronta para receber os componentes entregues.
Acordos contratuais em que seja permitido ao Fabricante ter mais de um dia para descarregar os componentes em estaleiro sem ser punido por atrasos.
Disponibilidade de estradas adjacentes para estacionamento.
Os fabricantes enviam os componentes de livre e espontânea vontade, sem nenhuma obrigação por parte do Empreiteiro em descarregar os mesmos.
Mau tempo interrompe o processo de descarga.
Os camiões podem ser estacionados no estaleiro para que a elevação seja feita diretamente para o local de montagem dos componentes em vez de para o local de armazenamento.
O tempo e dia de entrega – por exemplo, se a entrega estiver agendada para uma segunda-feira de manhã, os Fabricantes terão de enviar o camião com dois dias de antecedência, caso não trabalhem ao sábado e ao domingo.

<p>Uma das vantagens de utilizar elementos prefabricados é a forma fácil e rápida de construção e montagem. No entanto, esta vantagem pode ser prejudicada por atrasos nos trabalhos em estaleiro, direta ou indiretamente relacionados com os componentes prefabricados. As entregas <i>Just-in-time</i> requerem uma coordenação precisa do tempo de entrega e um bom planeamento para a disponibilidade dos equipamentos de elevação dos componentes. Isto necessita de ver muito bem suportado por baixas taxas de rejeição, se não mesmo nulas, dos componentes por fraca qualidade, inadequação ou componentes incorretos. O acordo contratual feito inicialmente com o Fabricante pode servir como um instrumento poderoso para o Empreiteiro controlar e agir contra o mesmo caso falhe os prazos de entrega. [33]</p>
Critérios de seleção de Fabricantes [33]
Preço competitivo
Entrega de confiança
Produção de confiança
Boa qualidade
Flexibilidade em acomodar alterações e requisitos efetuados pelo Empreiteiro
Assinar contratos a longo-prazo/entrar em parcerias
<i>Just-in-time management</i> [33]
<p>A filosofia <i>Just-in-time</i> (JIT) tem um potencial tremendo na gestão e movimentação de componentes prefabricados da fábrica para o estaleiro. As restrições de espaço de armazenamento e o congestionamento de tráfego no estaleiro podem ser aliviadas.</p> <p>A filosofia JIT, também usualmente conhecida como “Toyota production system”, teve origem no Japão. A Toyota foi a primeira companhia a aplicar este sistema.</p> <p>Um dos princípios do conceito é o <i>kanban</i> (termo utilizado no Japão para designar os cartões utilizados para assinalar a passagem de componentes de uma estação de trabalho para outra) ou sistema “pull”. A essência deste conceito é simplesmente que o fluxo de materiais é “puxado” pelo lado da procura. Sem pedidos de uma estação de trabalho, o fornecedor dessa estação não está autorizado a enviar materiais.</p> <p>Devem ser envolvidos os trabalhadores nesta filosofia, de modo a que se possa conseguir uma melhoria contínua nos métodos e processos produtivos.</p> <p>Na filosofia JIT o desperdício é definido como qualquer coisa que não acrescente valor ao produto final. Excesso de <i>stock</i> é encarado como desperdício pois não acrescenta valor e ocupa espaço, incorrendo em custos de armazenamento, de segurança e aumentando o risco de danos durante o armazenamento. A filosofia JIT tem como objetivo a inexistência de <i>stock</i>.</p> <p>O controlo de qualidade é muito importante. A rejeição de materiais devido a fraca qualidade irá quebrar toda a cadeia de produção e planeamento. A produção decorre num processo ininterrupto. Qualquer quebra na linha de produção pode ter impacto na cadeia de produção.</p> <p>Um exemplo de fluxograma de um sistema de entrega JIT é apresentado a seguir.</p>

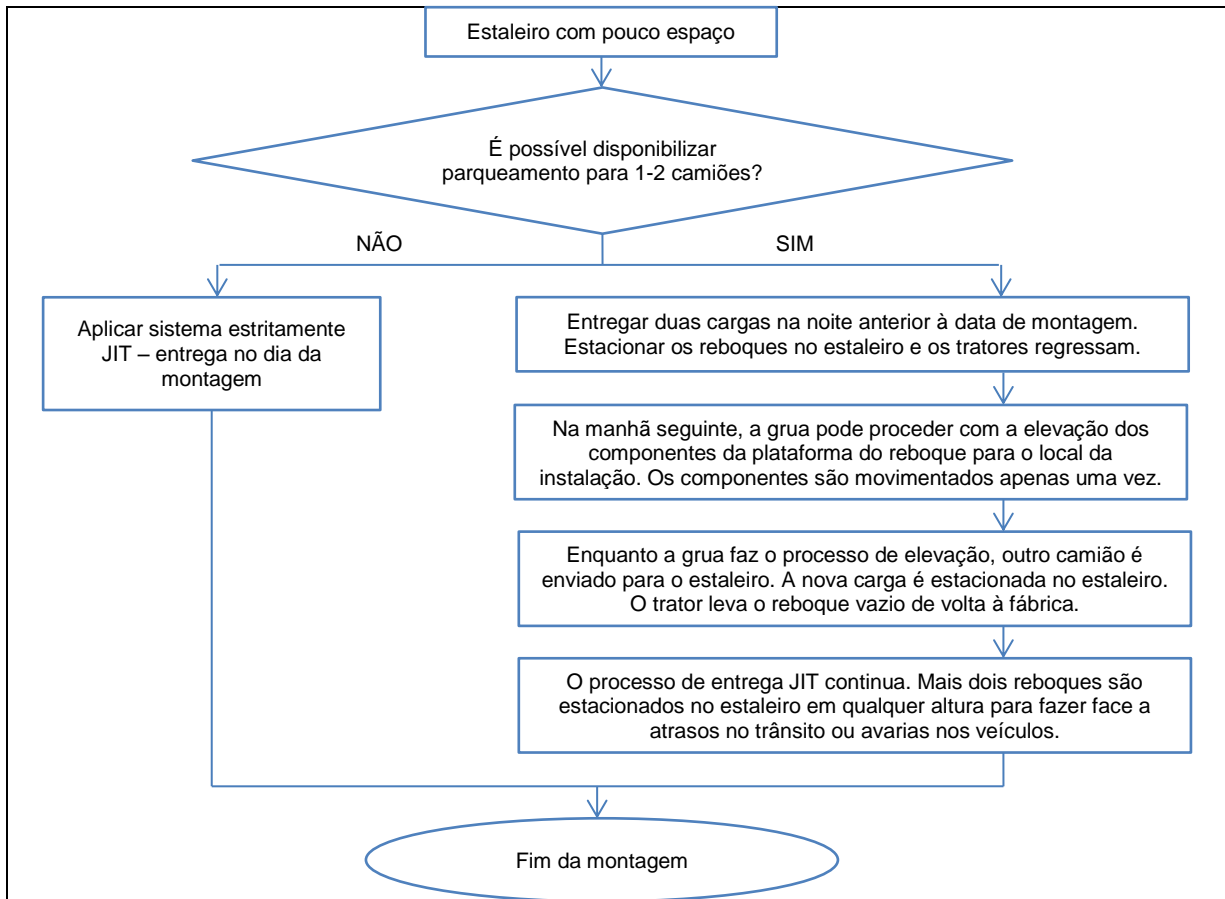


Fig. 66 – Fluxograma de entrega *Just-in-time*

Se esta situação ideal não puder ser atingida, pode utilizar-se o sistema JIT modificado que se baseia em *stocks* de reserva.

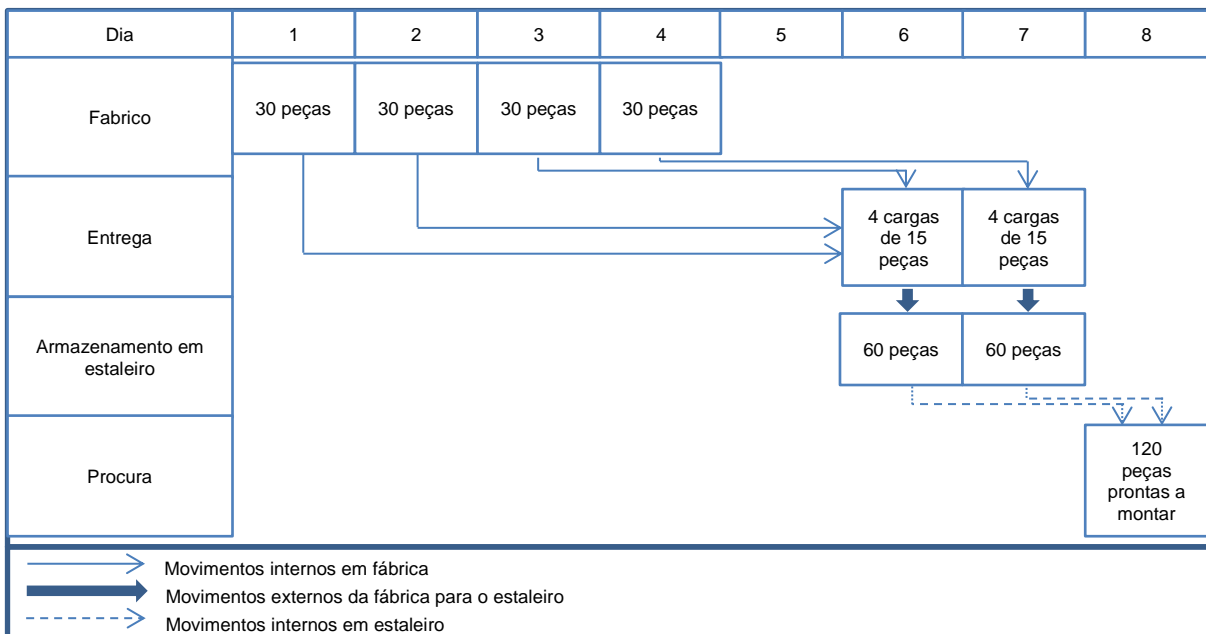


Fig. 67 – Sistema JIT modificado

Ambos os fluxogramas podem ser adotados por Fabricantes e Empreiteiros para responder às suas necessidades e para se adaptarem a diferentes circunstâncias de cada caso em particular.

T3.6 – Receção dos componentes em estaleiro
Neste quadro estão alguns procedimentos a tomar pelo Empreiteiro na altura da entrega dos componentes prefabricados em estaleiro.
Ir ao encontro dos responsáveis pela entrega dos componentes.
Inspeccionar cada elemento quando é entregue em estaleiro – pode ser útil recorrer a <i>checklists</i> de verificação de características dos componentes como: <ul style="list-style-type: none"> • Tamanho; • Cor; • Quantidade; • Ausência de danos.
Efetuar eventuais testes de desempenho, caso sejam necessários.
Pode ser necessário ter disponível pagamento em mão para o responsável pela entrega dos componentes, depois da inspeção e antes de os descarregar. Deve ser discutida previamente a calendarização do pagamento com o Fabricante. [32]

T3.6 – Montagem
Processos
1. Preparação
Preparar o terreno e as fundações de acordo com o especificado em projeto.
Preparar elementos construídos para receber os novos componentes de acordo com o especificado em projeto.
Verificar posicionamento de fundações ou elementos onde vão ser ligados os novos componentes.
2. Montagem
O levantamento deve ser feito com recurso a guias e devem utilizar-se cabos, ganchos e barras, pelos pontos de elevação localizados nos componentes [32]
Devem ser retirados os plásticos ou proteções nas zonas das ligações [32]
Podem ser utilizadas cordas nos cantos dos componentes para auxiliar o correto posicionamento dos mesmos. [32]
Devem verificar-se e ajustar-se constantemente os alinhamentos. [32]
No caso da junção de duas paredes de dois módulos, é necessário saber se é preciso colocar algum material no meio, como espuma de isolamento. [32]
No caso de módulos que já tenham as instalações colocadas de fábrica, no final da montagem efetuar as ligações das respetivas instalações entre elementos e com o exterior. [32]
Segurança
Elucidar todos os trabalhadores em obra sobre o tipo de tarefas a decorrer e equipamentos a operar.
Definir e limitar percursos de passagem de veículos e trabalhadores.

Garantir o posicionamento correto das equipas de trabalho durante os processos de movimentação dos componentes, dadas as dimensões destes.

Responsabilidades

Neste ponto são indicadas algumas tarefas que normalmente são asseguradas pelo Fabricante e pelo Empreiteiro numa obra de Construção Prefabricada. Apesar destas sugestões, não significa que não se possam verificar diferentes situações. É fundamental que na fase inicial sejam definidas as responsabilidades de cada uma das partes em qualquer das etapas a desenvolver para evitar conflitos, atrasos em obra ou custos acrescidos – consultar ponto 5.1.6. do Capítulo 5.

Responsabilidades típicas do Fabricante em obra: [32]

- Efetuar a movimentação e montagem dos componentes, sob a direção do Empreiteiro;
- Inspeccionar visualmente as fundações e fazer medições para assegurar o cumprimento do projeto;
- Remover os invólucros de proteção dos componentes;
- Inspeccionar as ligações.

Responsabilidades típicas do Empreiteiro em obra: [32]

- Colocação de portas e janelas;
- Acabamentos;
- Pintura;
- Instalações (abastecimento e drenagem de águas, aquecimento e refrigeração, eletricidade, telecomunicações);
- Mobiliário de cozinha e instalações sanitárias.

O empreiteiro poderá ter de disponibilizar uma equipa de trabalho para completar as tarefas de montagem. [32]

APÊNDICES

APÊNDICE 1

ARTIGO SOBRE MATERIAIS DE MUDANÇA DE FASE

a minha avó e o astronauta

materiais de mudança de fase para isolamento térmico e armazenamento de energia

João Araújo Pereira Coutinho

CICECO, Departamento de Química da Universidade de Aveiro



João AP Coutinho é Engenheiro Químico licenciado pela FEUP e doutorado pela Universidade Técnica de Dinamarca. Tem desenvolvido investigação na área da Termodinâmica Aplicada e em Biotecnologia, liderando um grupo de investigação nestes domínios. É actualmente Professor Associado no Departamento de Química da Universidade de Aveiro desenvolvendo funções docentes na licenciatura em Engenharia Química desta Universidade.

Lembro-me de observar a minha avó em tardes da minha infância a dobrar uma meada de lã com um bloco de parafina na mão por onde passava o fio cavando profundos sulcos naquela 'pedra' cerosa e estranhamente leve... Nenhum dos dois imaginava que um quarto de século mais tarde as parafinas fossem incorporadas em fibras têxteis de uma forma bastante mais elaborada e para fins bem menos prosaicos do que o impedir que a meada se ensarilhasse... Qual de nós, o olhar perdido na insegura chama de uma vela deste advento imaginaria que a 'Historia de uma vela', contada há século e meio por Faraday, se pudessem juntar novos capítulos no dealbar do terceiro milénio? Mas assim é. Deixarei as velas gigantes, que são o pesadelo da exploração petrolífera em águas profundas, para um outro dia enquanto volto às recordações de infância. Falar de velas é um tema bastante apropriado à época e gostaria de vos explicar como elas nos poderão ajudar a passar um Natal mais quente, não pela libertação de calor na sua combustão, mas ao vestirmo-nos com elas ou ao habitar dentro de uma.

Pretendia com isto introduzir-vos aos materiais de mudança de fase, ou materiais termo-activos como gosto de lhes chamar. Quando falamos de acumulação de energia ou de isolamento térmico pensamos normalmente em materiais que funcionam de uma forma passiva, acumulando calor sob a forma de calor sensível através de capacidades caloríficas ou de massas elevadas e minimizando a transferência de calor com baixas condutividades térmica. A natureza dotou no entanto o nosso organismo de formas bem mais eficientes de regulação

térmica acumulando ou dissipando energia através de reacções químicas ou físicas. Quando aquecemos em demasia o corpo exsuda água que vai forçar o abaixamento de temperatura através da mudança de fase do líquido usando o calor latente de evaporação para arrefecimento. Este mesmo princípio é utilizado para manter fria uma bebida num quente dia de verão pela adição de uns cubos de gelo, método bem mais eficiente do que simplesmente arrefecer a bebida a temperaturas baixas pois a entalpia de fusão do gelo vai consumir o calor que lhe chega a uma temperatura constante de 0 °C impedindo assim o aquecimento da bebida. (Para os que gostam de números, o calor necessário para fundir um cubo de gelo de 2 cm de lado aqueceria em 15 °C 50 cm³ de uma bebida.) Da mesma forma que todas substâncias, em qualquer estado físico que se encontrem, têm uma determinada capacidade calorífica, também quase todas (a menos que se decomponham antes ou se encontrem numa fase amorfa) têm associada a elas um entalpia de mudança de fase que poderia ser usada para armazenamento de energia ou isolamento térmico. A especificidade da aplicação vai no entanto impor múltiplas restrições. É importante que a substância apresente energias de mudança de fase elevadas de forma a armazenar um máximo de energia num mínimo de volume (ou massa), que a temperatura de transição se encontre na gama de temperaturas a que desejamos termoequilibrar o sistema ou em que a energia esteja disponível, e que a substância não seja nociva para o sistema em que vai ser utilizada.

Apesar destas restrições há ainda assim um número considerável de candidatos a materiais termoactivos de mudança de fase para armazenamento de energia e isolamento térmico. Água, alguns sais, e ceras são as principais substâncias actualmente em estudo ou comercialização como materiais de mudança de fase. De entre as ceras, as mais populares pelo seu custo, acessibilidade, estabilidade, flexibilidade (gama alargada de pontos de fusão entre 0 e 80 °C) e baixa toxicidade são sem dúvida as parafínicas, ou sejam as nossas velas... A ideia é simples como todas as ideias geniais: define-se uma temperatura ideal para o nosso sistema (produto, corpo, casa...), escolhe-se uma cera cujo ponto de fusão corresponda a essa temperatura, quando o calor é excessivo as ceras fundem, a temperatura constante, consumindo essa energia em excesso em valores que podem chegar aos 250 kJ/kg. Quando a temperatura baixa e o calor se torna deficitário, então a cera liberta, sempre a temperatura constante, a energia térmica armazenada. Consegue-se assim um material que consome a energia quando em excesso e a repõe quando ela é deficitária minimizando as oscilações térmicas a que está sujeito o sistema.

Imaginemos agora como seria utilizar uma roupa feita de fibras que incorporassem estes materiais termoactivos com um ponto de fusão ajustado para 37 °C. Corremos pela manhã para apanhar o autocarro rumo ao trabalho ou entramos numa sala demasiado aquecida e as ceras incorporadas nas fibras da nossa roupa tratam de acomodar o calor em excesso sempre a uma temperatura próxima da do corpo não permitindo que este aqueça. Assim que saímos de novo para o exterior, em lugar do choque térmico habitual, teremos a nossa roupa não apenas a impedir que o nosso corpo arrefeça mas activamente a libertar calor para o aquecer. Parece ficção científica? Começou de facto por sê-lo. Esta tecnologia foi inicialmente desenvolvida em cooperação com a NASA para proteger astronautas mas há algum tempo saiu do espaço e hoje está disponível em qualquer centro comercial. Duas empresas, a Freudenberg com o Confortemp® e a Outlast com o Smart Fabric®, são detentoras de múltiplas patentes para incorporação destes materiais em fibras, tecidos e em não tecidos e partilham este mercado. Hoje se quisermos umas meias ou botas Timberland, umas luvas North Face, equipamento para ski Burton, material desportivo Puma, umas calças Dockers, um blusão Camel, um fato Benvenuto, pronto a vestir Pierre Cardin ou simplesmente um edredão e almofada da Quilts of Denmark entre muitos outros produtos (uma visita à página da Outlast poderá surpreendê-lo), poderemos adquiri-las sem esforço no *shopping* local.

A tecnologia de incorporação dos materiais de mudança de fase nos têxteis passa por confinar as parafinas em microcapsulas de alguns micron de diâmetro que depois podem ser embebidas na própria fibra durante a sua fiação ou simplesmente dispersas no tecido durante a sua produção conforme mostrado na Figura 1 (uma estratégia semelhante pode ser usada para aromas ou outro tipo de compostos a serem libertados e /ou absorvidos enquanto se usa uma roupa).

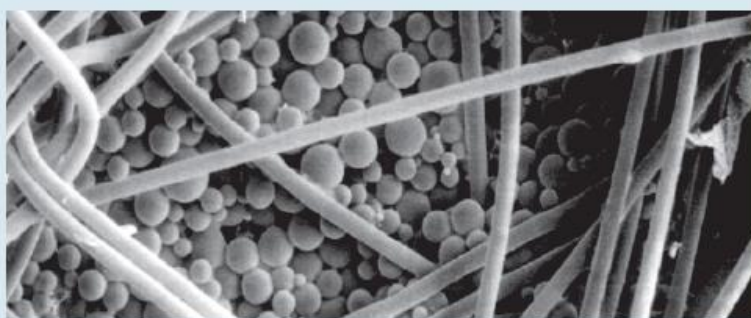


Figura 1 Incorporação de microcápsulas num têxtil

De umas meias ou um fato, para uma casa é só um salto de escala. A ideia é a mesma mas aplicada agora à nossa 3ª pele (se pensarmos na roupa como a segunda). Revestir as paredes de uma casa com uma grossa camada de polímero isolante é como passar o ano vestido com uma camisola de lã. Talvez agradável no inverno mas desconfortável no verão... E se, em lugar de revestir paredes com polímeros, de baixa condutividade térmica e certo, mas também de reduzida capacidade de armazenamento de energia, utilizássemos materiais de mudança de fase incorporados no revestimento ou estrutura de forma a

conseguir com eles recriar o conforto térmico proporcionado por umas grossas paredes de alvenaria ou adobe? Se, tal como descrito anteriormente, estas paredes pudessem retardar a transferência de calor absorvendo a energia térmica em excesso para a repor mais tarde quando esta se tornasse necessária? Se fosse possível obter o efeito de uma parede de Trombe com uma muito menor espessura deslocalizando-a por toda a habitação. É justamente isso que tentam fazer múltiplos grupos de investigação em todo o mundo desenvolvendo produtos que começam agora a entrar no circuito comercial. A BASF produz e comercializa Micronal® (www.micronal.de), parafinas microencapsuladas que podem ser dispersas em rebocos de revestimento ou usadas para produzir placas de pladur. A incorporação de Micronal® em rebocos foi feita na Alemanha pela Maxit, e em placas de gesso pela Knauf. A aplicação foi feita com sucesso na recuperação de uma zona residencial cujo projecto ficou conhecido como 'Casas 3 litros' (www.3lh.de). O objectivo era reduzir o consumo de energia de uma habitação, dos actuais 25 para 3 litros de fuel de aquecimento por m² e por ano reduzindo assim as emissões de CO₂ em 80%. Neste projecto os materiais de mudança de fase, incorporados em revestimentos foram, não os únicos, mas protagonistas de relevo.

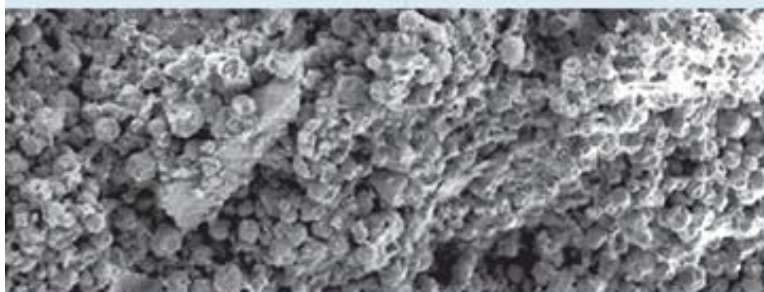


Figura 2 Incorporação de microcápsulas num reboco

Em Portugal a Weber e Broutin Portugal SA esta a desenvolver rebocos com parafinas microencapsuladas que em breve deverão estar disponíveis no mercado português. Um reboco de 2 cm de espessura com 10-20% de parafinas microencapsuladas tem uma capacidade de armazenamento de energia equivalente a uma parede de betão com 20 cm de espessura. A Figura 2 mostra o aspecto de um reboco contendo microcapsulas de parafina.

Materiais de mudança de fase em suportes porosos são disponibilizados por uma outra empresa com sede também na Alemanha, Rubitherm (www.rubitherm.com). Usando a vasta experiência Sul-africana em síntese de Fischer-Tropsch a Rubitherm produz parafinas com distribuições muito estreitas que têm excelentes caracterís-

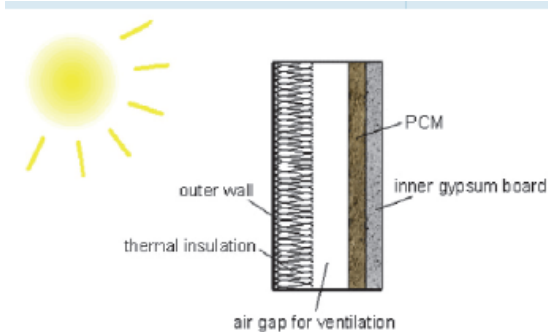


Figura 3 Incorporação de materiais de mudança de fase numa parede

ticas para uso como materiais de mudança de fase. O Rubitherm® GR, um granulado poroso de SiO₂ contendo cerca de 35% de parafinas, disponível com vários pontos de fusão, está a ser utilizado para armazenamento de calor em sistemas de aquecimentos por piso radiante. A acumulação de energia usando a fusão das parafinas é muito elevada permitindo poupanças energéticas consideráveis. Uma antevisão desta aplicação é apresentada na Figura 3. Este sistema poderá ser ainda mais eficiente se ligado a um sistema de aquecimento solar com a possibilidade de transferir a energia armazenada durante o dia para a noite quando as temperaturas são mais baixas e as necessidades de aquecimento maiores. Empresas como a TEAP comercializam soluções semelhantes para o mesmo fim usando outros materiais de mudança de fase como sais hidratados. Estes são dos

poucos comercialmente disponíveis em Portugal (www.cleanvita.com).

Outros produtos da Rubitherm visam a utilização em acumuladores de energia ligados a colectores solares com uma capacidade de armazenamento por unidade de volume ou massa muito superior aos suportes convencionais. Soluções análogas com outros materiais são propostos também por outras empresas (www.cristopia.com; www.climator.com).

Conforme mencionado algumas destas tecnologias estão já disponíveis no mercado alemão e espera-se que estejam disponíveis em Portugal dentro de pouco tempo. Entretanto por cá alguns grupos de investigação vão abordando este apaixonante mundo dos materiais termoactivos. O Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil da Universidade do Minho (www.2c2t.uminho.pt) tem desenvolvido actividades relacionadas com a microencapsulação de PCMs e a sua incorporação em têxteis. Nos em Aveiro estamos a desenvolver compostos de celulose e cortiça com materiais de mudança de fase que aliem as boas capacidades de isolamento térmico de um material à capacidade de armazenamento de energia do outro e em colaboração com o INEGI a produzir betões poliméricos incorporando materiais de mudança de fase (sweet.ua.pt/~jcoutinho). Os resultados tem sido muito interessantes e enquanto esperamos pela Casa do Futuro vamos tentar em 2006 passar de provetes laboratoriais para a construção de um protótipo de um compartimento para testar e validar os materiais desenvolvidos.

A Casa do Futuro (www.egi.ua.pt/casadofuturo) não é apenas a casa do amanhã, é um projecto multidisciplinar a decorrer na



Figura 4 Incorporação de materiais de mudança de fase num piso com aquecimento

Universidade de Aveiro que visa a construção de uma casa real com a incorporação do estado da arte das tecnologias construtivas, umas quantas desenvolvidas na UA, e que estou certo irá incorporar uma boa dose de materiais de mudança de fase. Espero que, em colaboração com a Weber e Broutin e outras empresas envolvidas no projecto e interessadas nesta tecnologia, a Casa do Futuro se possa tornar um polo difusor da utilização dos materiais de mudança de fase na construção civil no nosso país.

Mas o futuro deste materiais não para por aqui. O seu uso tende a estender-se a todas as situações em que alguém se sinta desconfortável termicamente ou algo necessite de ser mantido a uma temperatura controlada, de um banco de automóvel a um circuito electrónico. O limite? Apenas a nossa imaginação.

n e o q u í m i c a

5 Divisões de Vendas
35 Pessoas
60 Representadas
9,0 € (m) de Vendas
25 Viaturas
27 Anos de Actividade

Certificada ISO 9000 – 2000, a **Neoquímica, S.A.** é um parceiro forte, sério e responsável actuando num conjunto largo de áreas de negócio tal como o mundo de hoje se constitui.

Toda a **Indústria Química** e afins, encontra no espectro dos produtos químicos, orgânicos e inorgânicos, resinas de formula iónica e carvão activado, sempre um ou mais componentes da mistura, solução ou processo.

A salientar as áreas de detergentes e cosmética, indústria química e de produtos de manutenção, enologia, tintas, têxtil e tratamento de águas e efluentes.

Na **Agricultura**, actua nas áreas de suporte e nutrição de culturas, com especial incidência na horticultura protegida (estufas), onde realiza projectos chave na mão, desde a própria estufa, passando pelo plástico e máquinas de sementeira, até todo o automatismo e controlo, bem como inúmeros tipos de adubos e correctivos de solo.

A indústria **Alimentar** é também servida por uma gama muito longa de ingredientes e aditivos, havendo a salientar os produtos funcionais tais como as fibras alimentares solúveis e insolúveis e os edulcorantes.

As **Divisões de Restauração e Equipamentos** servem fundamentalmente o sector HORECA superior, onde a decisão é baseada em qualidade e não em preços exclusivamente.

NEOQUÍMICA EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO, S.A.

Rua da Estação – Apartado 97
 2584 – 908 Carregado
 Tel: 263 856 200 | Fax: 263 856 210